Från författaren. 8.

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die vorderen Medien des Auges.

Von

Dr. E. J. Widmark,
Docent der Ophthalmiatrik zu Stockholm.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

Separat-Abdruck aus dem

Skandinavischen Archiv für Physiologie.

Erster Band.

1889.

10

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die vorderen Medien des Auges.[1]

Von

Dr. E. J. Widmark,
Docent der Ophthalmiatrik zu Stockholm.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

Einleitung.

Von Alters her weiss man, dass die Einwirkung starken Lichtes auf das Auge zu einer dauernden Schädigung des Sehvermögens, ja sogar zu vollständiger Blindheit führen kann. Solche Angaben betreffs des Sonnenlichtes oder des Blitzes finden wir schon in der älteren Litteratur. Galenus[2] erwähnt solcher Fälle, und von Galilei sagt man, dass er bei der Beobachtung der Sonnenflecken blind geworden sei.[3]

Durch die Erfindung des Augenspiegels erhielt man ein Mittel, die im Auge bei einer derartigen Einwirkung des Lichtes entstandenen Veränderungen genau zu studiren. Schon 1854 beschrieb E. Jäger zwölf Fälle von Blendung durch Sonnenlicht, von denen sechs materielle Veränderungen, und vier von diesen eine Chorioiditis mit Exsudat[4] zeigten. Arlt[5] erwähnt eines Patienten, der sich durch die Anschauung einer Sonnenfinsterniss am 28. Juli 1851 ein centrales Skotom zugezogen hatte und bei welchem die einige Zeit nachher mit dem Augenspiegel

---

[1] Der Redaction zugegangen am 17. April 1889.

[2] Galenus, *De usu partium*. Lib. X. Cap. 3.

[3] Vgl. Czerny: Ueber Blend. der Netzhaut durch Sonnenlicht. *Sitzungsbericht der Wiener Akademie*. 1867. Bd. LVI. Th. II. S. 409.

[4] Jäger, *Ueber Staar und Staaroperationen*. Wien 1854, nach Sulzer.

[5] Arlt, *Krankh. d. Auges*. III. S. 127 und Czerny a. a. O.

ausgeführte Untersuchung eine Blutausaderung mit dadurch bedingter Retinochorioiditis im gelben Flecke zeigte.

Ueber die Veränderungen, welche durch die Blendung der Netzhaut durch Sonnenlicht hervorgerufen werden, hat V. Czerny experimentelle Studien angestellt. Er wollte im April 1865 das Auge eines Frosches (Rana temporaria) mit einem Concavspiegel und directem Sonnenlicht untersuchen, konnte es aber nicht, weil das Licht vom Grunde des Auges so stark reflectirt wurde, dass er in Folge des starken Scheines die Details nicht deutlich zu unterscheiden vermochte. Als er dann am Abend den Versuch bei Lampenlicht erneute, bemerkte er zu seinem Erstaunen am Grunde des Auges mehrere weissgraue Flecke, die vorher bestimmt gefehlt hatten. Er nahm an, dass dieselben durch die Einwirkung des Sonnenlichtes entstanden waren, und stellte auf Grund dessen zahlreiche Versuche an verschiedenen Thierarten (Hund, Katze, Kaninchen, Meerschwein, Ratte, Taube, Ente, Gans, Huhn, Frosch) an.

Bei diesen Versuchen benutzte er vorzugsweise einen Concavspiegel mit einer Oeffnung von 114 mm und einer Brennweite von 192 mm, sowie eine Linse mit einer Oeffnung von 30 mm und einer Brennweite von 31 mm. Diese Apparate wurden so aufgestellt, dass der Brennpunkt des Spiegels mit demjenigen der Linse zusammenfiel, wodurch die von dem Spiegel zusammengebrochenen Strahlen die Linse parallel verliessen.

Wenn die in dieser Weise zusammengedrängten, parallelen Strahlen nur während einige Secunden auf das Auge des Versuchsthieres einwirken durften, wurden dadurch an der ihrer Einwirkung ausgesetzten Stelle des Augengrundes mit dem Augenspiegel wahrnehmbare Veränderungen hervorgerufen. Die Veränderungen wechselten bei den verschiedenen Versuchen etwas in ihrem Aussehen, blieben aber bei 35 Blendungsversuchen mit vorher gesunden Augen nur in einem Falle aus. Gleich nach der Blendung zeigte sich im Allgemeinen an der den Strahlen ausgesetzten Stelle der Netzhaut eine Trübung, welche die unterliegenden Gefässe der Aderhaut verdeckte. Die getrübte Partie erlitt nachher durch das Auftreten von theils Pigment, theils Extravasat zahlreiche Veränderungen. Der geblendete Theil ging nicht zum Normalen zurück, sondern es verblieben an ihm pigmentirte oder weisse Herde.

Eine Einwirkung des Lichtes auf die Oberfläche des Auges beobachtete er bei seinen Versuchen nie.

Die mikroskopische Untersuchung eines unmittelbar nach der Blendung in Müller'sche Lösung gelegten Auges zeigte die Stäbchen

etwas gebogen und das Pigment sich zwischen den Stäbchen und Zapfen bis zur Membrana limitans externa hinauf ausdehnend. In einem drei Tage nach der Blendung untersuchten Auge war das innere Glied der Stäbchen in eine Menge mit abgerissenen Theilen des Pigmentepithels und blutkörperchenähnlichen Elementen untermischte Körner zerfallen. In einem anderen Auge fand sich ein inflammatorisches Exsudat zwischen dem Pigmentepithel und der Membrana choriocapillaris. An längere Zeit nach der Blendung untersuchten Augen war die Netzhaut in eine dünne Bindegewebsmembran umgewandelt. Auch die Aderhaut zeigte Veränderungen, welche schliesslich zu einer der Ausdehnung der geblendeten Partie entsprechenden Atrophie führten. Dadurch, dass er die Versuche erneute, nachdem er das Licht durch Wasser filtrirt und dadurch die ultrarothen Strahlen abgetrennt hatte, fand er, dass die Veränderungen im Augengrunde durch die leuchtenden Strahlen verursacht waren. Er stellte noch eine Anzahl Versuche an, aus denen er den Schluss zog, dass die beobachteten Veränderungen von einer Coagulation von Eiweiss hervorgerufen waren. Diese Coagulation war nach Czerny von einer durch die Absorption der leuchtenden Strahlen entstandenen Wärmeproduction verursacht. Das Pigment spielt seiner Ansicht nach hierbei wahrscheinlich eine Rolle, aber auch wo es fehlt, ist das Vermögen des Augengrundes, Licht zu absorbiren, stark genug, um die erforderliche Wärme zu erzeugen.

Nach Czerny haben Dufour,[1] Haab,[2] Emmert[3] und Sulzer,[4] namentlich aber Deutschmann[5] der Blendung der Netzhaut durch directes Sonnenlicht ihre Aufmerksamkeit zugewandt. Sulzer beschreibt vier Fälle von centralem Skotom, wo die Sehstörung nach Beobachtung der Sonnenfinsterniss vom 16. Mai 1882 eingetreten war. In allen vier Fällen kam eine dunklere Pigmentirung in der Gegend der Macula, in den schwereren auch ein graugelber Fleck im Centrum der afficirten Partie vor, der offenbar ein chorioretinitisches Exsudat darstellte. In den letzteren Fällen war die Sehstörung permanent; in den leichteren trat vollständige Restitution ein. Auch Deutschmann hat vier Fälle bei Personen mitgetheilt, welche sich ein centrales Skotom durch Beobachtung einer Sonnenfinsterniss zugezogen hatten und wo

[1] Dufour, Bulletin de la Société Médicale de la Suisse Romande 1879; ref. im *Centralbl. f. Augenheilk.* Juli 1881. S. 232.

[2] Haab, *Correspondenz-Blatt f. Schweizer Aerzte.* 1882. S. 383.

[3] Emmert, Revue méd. de la Suisse Romande 1882; ref. im *Centralblatt für Augenheilkunde.* 1882. S. 518.

[4] Sulzer, *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* 1883. S. 129.

[5] Deutschmann, *Archiv f. Ophth.* 1882. Bd. XXVIII, 3. S. 241.

sich ebenfalls Veränderungen in der Macula lutea fanden. Veranlasst dazu durch seine klinischen Beobachtungen, wiederholte er Czerny's Versuche an Thieren und constatirte in der Hauptsache dessen Ergebnisse.

Personen, in deren unmittelbarer Nähe der Blitz niedergeschlagen hat, zeigen zuweilen mehr oder weniger ausgeprägte Sehstörungen. Leber, welcher selbst einen Fall beobachtet hat, wo bei einer Person durch Einwirkung des Blitzes eine doppelseitige Cataract, linksseitige partielle Sehnervenatrophie und linksseitige Mydriasis mit Accommodationspares sich eingestellt hatten, giebt eine Zusammenstellung von 18 der Litteratur entnommenen Fällen von Sehstörungen von derselben Ursache.[1] Hierzu haben nun David Little,[2] Purtscher,[3] Pagenstecher,[4] Laker,[5] Vossius,[6] Meyhöfer,[7] Uhle,[8] Silex[9] und Knies[10] je einen Fall gefügt. In diesen 27 Fällen kamen theils Cataract (in 12 Fällen), theils allerhand Veränderungen im Augengrunde, wie Ruptur der Aderhaut, Chorioiditis, Netzhautablösung, Blutungen im gelben Fleck, Anämie und partielle Atrophie der Sehnerven und Neuritis optica vor.

Leber hebt in seiner obenerwähnten Zusammenstellung hervor, dass diese Veränderungen nicht allein in einer Blendung ihren Grund haben, sondern dass sie wahrscheinlich durch die elektrische Entladung verursacht seien. Die Einwirkung des Lichtes kann sich höchstens auf circumscripte Theile der Netzhaut erstrecken, wodurch ein Skotom, aber nicht eine das ganze Gesichtsfeld umfassende Blindheit hervorgerufen wird. Uebrigens hat man diese Veränderungen zuweilen bei Personen beobachtet, welche während des Schlafes vom Blitze getroffen worden sind, wo denn die Augenlider selbstverständlich die Einwirkung des Lichtes zum grössten Theil gehindert haben. Ausserdem haben sich bei mehreren von diesen Personen — wie in Leber's oben erwähntem Falle — die Sehstörungen von anderen Symptomen, wie Ptosis und Lähmung der Augenmuskeln, begleitet gezeigt.

---

[1] Leber, *Archiv f. Ophthalmologie.* 1882. Bd. XXVIII. 3. S. 255.
[2] D. Little, *Ophthalmic Review.* 1883. S. 196.
[3] Purtscher, *Archiv f. Ophthalmologie.* 1883. Bd. XXIX. 4. S. 195.
[4] Pagenstecher, *Archiv f. Augenheilkunde.* 1884. Bd. XIII. S. 147.
[5] Laker, *Archiv f. Augenheilkunde.* 1885. Bd. XIV. S. 161.
[6] Vossius, *Berl. klin. Wochenschrift.* 1886. S. 304.
[7] Meyhöfer, *Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde.* 1886. S. 375.
[8] Uhle, *Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde.* 1886. S. 379.
[9] Silex, *Archiv f. Augenheilkunde.* 1887. Bd. XVIII. S. 65.
[10] Knies, *Archiv f. Ophthalmologie.* 1886. Bd. XXXII. 3. S. 236.

Es ist freilich nicht unmöglich, dass das Licht Veränderungen in der Linse hervorrufen kann. Czerny hat durch Experimente dargethan, dass Sonnenlicht, mittelst eines Brennglases während einer viertel Minute auf die Linse concentrirt, eine Trübung im Linsengewebe verursacht. Aber selbst der stärkste Blitz steht hinsichtlich der Lichtstärke sicherlich weit hinter concentrirtem Sonnenlicht zurück, und bei einer Einwirkung während nur eines Augenblickes ist auch dieses nicht im Stande, Veränderungen in der Linse hervorzurufen. Das Entstehen der Aderhautruptur und der Netzhautablösung dürfte durch die gewaltige Erschütterung mechanischer Art, welche die Elektricität hervorbringt, verursacht werden. Wir können, nach Leber, ihr Entstehen am leichtesten verstehen, wenn wir diese Einwirkung des Blitzes mit der Wirkung eines dicht am Auge vorbeigehenden Schusses vergleichen. In solchen Fällen hat man ebenfalls eine Ablösung der Netzhaut und eine Berstung der Aderhaut beobachtet. Was die Bildung der Cataract anbetrifft, so wird dieselbe nach Leber ausschliesslich von der directen, physikalisch-chemischen Einwirkung der Elektricität auf die Linsensubstanz verursacht. Es lässt sich schwerlich annehmen, dass die Elektricität hierbei durch die Erzeugung einer Temperaturerhöhung wirkt. Die Wärme im Innern des Körpers kann schwerlich momentan so hoch steigen, dass eine Eiweisscoagulation entsteht. Uebrigens würde die Lebenskraft im Gewebe dabei permanent vernichtet werden. Es liegt daher näher, der Elektricität eine katalytische Wirkung zuzuschreiben, durch welche ja ebenfalls eine Coagulation[1] von Eiweiss hervorgerufen werden kann.

C. Hess in Prag hat experimentell die durch den Blitz erzeugte Cataract studirt. Es ist ihm bei seinen Versuchen geglückt, Cataract durch die Entladung einer Leydener Flasche hervorzurufen. Als die hauptsächlichste Ursache der Staarbildung fand er eine mehr oder weniger vollständige Zerstörung des Linsenepithels.[2]

Aus diesem Allem geht hervor, dass die Veränderungen, welche der Blitz verursacht, nicht allein der Einwirkung des Lichtes zuzuschreiben sind, sondern dass auch andere Elemente für ihr Entstehen Bedeutung haben. Dagegen dürfte die durch directes Sonnenlicht hervorgerufene Erscheinung als reine Lichtwirkung aufzufassen sein. Wir können daher den Satz aufstellen, dass bei der Blendung des Auges durch intensives Licht materielle, nur zum Theil zurückgehende Veränderungen in der Netzhaut und der Ader-

[1] Leber, a. a. O. 271. 272.

[2] Hess, *Siebenter period. internat. ophth. Congress.* 1888. S. 308.

haut in der Gegend der Fovea centralis in Folge der Einwirkung des Lichtes entstehen.[1]

I. Klinische Erfahrungen über die Einwirkung des Lichtes auf die vorderen Medien des Auges.[2]

Ausser diesem Lichteffect auf den Grund des Auges kennt man aber noch eine andere Einwirkung des Lichtes auf das Sehorgan, nämlich auf die vorderen Medien desselben. Am längsten und besten hat man diese Lichtwirkung gekannt, wie sie in den nördlichen und in Gebirgsgegenden zufolge des Reflexes der Sonnenstrahlen von Schnee und Eis auftritt. Aber auch das elektrische Bogenlicht ruft gleichartige Symptome hervor, und ebenso verursacht der Blitz zuweilen analoge Veränderungen. Ich werde hier unten über die Symptome berichten, welche unter dem Einfluss dieser drei Lichtquellen an den vorderen Medien des Auges entstehen können.

1. Die durch Reflex von Schnee oder Eis hervorgerufene Reizung in den vorderen Medien des Auges, Schneeblindheit.

Die meisten Fälle, welche man von diesem Leiden kennt, sind auf arktischen Expeditionen eingetroffen. Dieselben sind meist von Nichtärzten beobachtet. Die Beschreibung ist daher in den meisten Fällen nur kurz und über die Natur der Krankheit wenig Aufschluss gebend. Der erste einigermassen ausführlich beschriebene Fall, den ich in der medicinischen Litteratur gefunden habe, ist von Hildige[3] in England mitgetheilt und betrifft einen Officier, der nach einer viertägigen Jagd auf neugefallenem Schnee von einer Augenaffection befallen wurde, die sich durch grosse Lichtscheu, Veränderung der Farbe der Iris und Contraction der Pupille charakterisirte.

Gardner[4] beschreibt das Leiden, wie es in den Prairieen in den nordwestlichen Theilen der Vereinigten Staaten auftritt. Nach ihm äussert es sich als Conjunctivitis mit Ekchymosen, Chemosis und Ulceration der Hornhaut. Die Ulceration kann mit Zurücklassung eines permanenten Cornealfleckes heilen, oder sie kann auch in die Tiefe gehen und Perforation und Prolapsus der Iris verursachen, oder sich über die ganze Hornhaut ausbreiten und zu einer diffusen Verdunkleung

[1] Vgl. Czerny und Deutschmann, a. a. O.

[2] Ich verstehe hier und ferner in der Abhandlung mit den vorderen Medien des Auges die vorderen Theile desselben einschliesslich der Iris.

[3] Hildige, *Medical Times and Gazette.* 1861. S. 83.

[4] Gardner, *Amer. Journ. of the med. sciences.* 1871. S. 334.

derselben führen. In schwereren Fällen participiren alle Häute des Auges, und das Ende kann dann ein totaler Verlust des Gesichtes sein. Ausnahmsweise tritt Nachtblindheit auf.

Auf der schwedischen Polarexpedition 1872—1873 beobachtete Envall[1] sieben Fälle von Schneeblindheit.

Nach ihm entsteht das Leiden sehr schnell, der Patient sieht alles gleichwie in einen Nebel gehüllt und kann nicht allein gehen. Ein gewöhnlich sehr heftiger Schmerz stellt sich ein, den der Patient tief in das Auge, in die Stirn über den Augenbrauen und tief in den Kopf verlegt. Hierzu gesellen sich nach einigen Stunden starke Conjunctivitis mit Schwellung der Conjunctiva und sogar der Augenlider, ausserdem Thränenfluss und in den meisten Fällen Empfindlichkeit an der Ciliargegend nebst Keratitis mit diffuser Trübung der ganzen Hornhaut. In diesen Fällen ist auch die Photophobie bis zum äussersten gesteigert, und die Augenlider werden spastisch geschlossen gehalten. Einige mit dem Augenspiegel untersuchte Fälle zeigten nur Hyperämie im Augengrunde.

Schiess Gemuseus[2] beschreibt zwei Fälle von Schneeblindheit, in denen er eine mässige Conjunctivitis und eine geringe Schwellung der Augenlider nebst heftigem Krampf derselben beobachtet hatte.

Reich[3] beobachtete im Winter 1880 im Kaukasus nach einem unerhörten Schneefall 73 Fälle von Schneeblindheit bei Arbeitern, welche mit Schneeräumen beschäftigt waren. Er zählt folgende Symptome auf: Lichtscheu, Thränenfluss, schneidende Schmerzen in den Augen, Hyperämie der Conj. palpebr., nicht selten auch der Conj. oculi, Ciliarinjection und sogar Chemosis. Nur in zwei oder drei Fällen fand sich eine bedeutendere Secretion von der Bindehaut vor; die Hornhaut war in keinem dieser Fälle afficirt. Die Pupillen waren stark contrahirt, ausser bei zwei Kranken, welche das Leiden vier Tage gehabt hatten und bei denen sie dilatirt waren. Das Ophthalmoskop zeigte bei diesen Kranken capilläre Hyperämie im Sehnerven und in der Retina, sowie eine etwas stärkere Füllung der Arterien und der Venen.

A. Berlin,[4] welcher als Arzt an Nordenskiöld's Expedition nach Grönland im Jahre 1883 theilnahm und Nordenskiöld auf der vier Wochen langen Wanderung auf dem Binneneise begleitete, beobachtete

---

[1] Envall, *Svenska Läkaresällskapets nya handlingar.* Serie II. Theil V. 3. S. 109.

[2] Schiess-Gemuseus, *Archiv f. Ophth.* 1879. Bd. XXV. 3. S. 173.

[3] Reich, Gräfe's *Archiv.* 1880. Bd. XXVI. 3. S. 135.

[4] A. Berlin, Grönlandsexpeditionen. *Tidskrift i Militär Hälsovård.* 1883. S. 406. — Om snöblindhet. *Nord. med. ark.* Bd. XX. Nr. 3.

auf dieser Wanderung 8 Fälle von Schneeblindheit. In seinen Fällen begann die Krankheit mit einem Gefühl von Reibung in den Augen, wozu sich Thränenfluss, Lichtscheu, mässige Injection der Conj. oculi, sowie Chemosis gesellten. Diese Chemosis bildete eine 2—3 ^{mm} breite Anschwellung zu beiden Seiten des horizontalen Meridians der Hornhaut, welche Anschwellung sich im Anfang nur undeutlich, nach und nach aber immer deutlicher markirte und sich noch lange zeigte, nachdem die subjectiven Symptome verschwunden waren. Die Cornea war frei, die Iris vollständig normal, der Bulbus nirgends für Druck empfindlich, das Gesicht, von der Lichtscheu abgesehen, normal. Ausser den Augen wurden vom Lichte auch alle entblössten Hautflächen angegriffen, auf denen sich ein intensives Erythem entwickelte.

Ausnahmsweise dürfte eine ähnliche Affection auch durch den Reflex von anderen glänzenden Flächen als Schnee und Eis hervorgerufen werden. Wenigstens habe ich einen solchen Fall beobachtet.

Fräulein E., 26 Jahre alt, ungewöhnlich feinhäutig und hellfarbig, reiste am 16. Juni 1886 bei klarem und ruhigem Wetter mit dem Dampfboote von Stockholm nach Furusund. Am Tage darauf fühlte sie ein Brennen in den Augen und dem Angesicht, auch stellte sich Lichtscheu und Thränenfluss ein. Sie konnte die Augen nur mit Schwierigkeit öffnen, was sie einer ziemlich starken Anschwellung der Augenlider zuschrieb. Drei Tage später sah ich sie. Die subjectiven Symptome waren nun verschwunden, aber die ganze Gesichtshaut war lebhaft geröthet und schuppte sich, die Conj. oculi und palpebralis zeigten normalen Blutgehalt; Absonderung war nicht vorhanden. Was mich aber lebhaft verwunderte, war eine Chemosis zu beiden Seiten des horizontalen Diameters der Hornhaut, die sich bis zum inneren und äusseren Augenwinkel erstreckte und eine Breite von 3 ^{mm} hatte. Sonst konnte ich nichts Abnormes bemerken.

Es erscheint mir als höchst wahrscheinlich, dass es sich in obigem Falle um ein Leiden handelt, das mit der Schneeblindheit gleichartig, aber durch den Reflex von einer spiegelnden Wasserfläche hervorgerufen.

Wir ersehen aus dem Vorhergehenden, dass bei der Schneeblindheit eine Menge Symptome vorkommen, die auf eine Reizung der vorderen Medien des Auges hindeuten, nämlich: ein Gefühl von Reibung, Thränenfluss, Lichtscheu, Blepharopasmus, ciliare Schmerzen, sowie Empfindlichkeit an der Ciliargegend, Injection und zuweilen auch Secretion von der Bindehaut, Ekchymosen und Chemosis, pericorneale Injection, diffuse Trübung und Ulcerationen der Hornhaut, Verengung der Pupillen und vielleicht auch eine Veränderung in der Farbe der Iris.[1]

---

[1] In Hildige's Fall wenigstens scheint eine Veränderung in der Farbe der Iris eingetreten zu sein. Es ist nicht unmöglich, dass dieses auch in vielen anderen Fällen geschehen ist, obschon man es nicht bemerkt hat. Eine geringe

Die Symptome deuten auf eine Reizung theils in der Conjunctiva und Cornea, theils an der Iris und dem Corpus ciliare hin.

Die Bindehaut dürfte der zuerst afficirte Theil sein. In Berlin's Fällen z. B. kamen Empfindung von Reibung, Lichtscheu, Röthung der Conjunctiva oculi und Chemosis vor, an der Iris und dem Corpus ciliare aber war nichts Abnormes zu beobachten. In mehr ausgeprägten Fällen (wie in den meisten der Reich'schen) gesellen sich zu diesen Symptomen auch Zeichen einer Reizung der Uvea: ciliare Schmerzen, pericorneale Injection und contrahirte Pupillen, Empfindlichkeit an der Ciliargegend (Envall), sowie möglicherweise auch eine Veränderung der Irisfarbe (Hildige). In den schwersten Fällen, wie in Gardner's und Envall's, kommen noch eine Affection der Hornhaut in der Form einer diffusen Trübung und Ulcerationen hinzu.[1]

Ausserdem treten auch Symptome von der Netzhaut in der Form von Obscurationen auf, sodass der Patient alles gleichwie in einen Nebel gehüllt sieht. Zuweilen tritt Nachtblindheit ein, was wahrscheinlich auf einer verminderten Empfindlichkeit der Netzhant in Folge der Blendung beruht.[2]

Die heftigen Symptome gehen in der Regel in 2—3 Tagen zurück. Nur in Ausnahmefällen nimmt die Krankheit einen langsameren Verlauf.

2. Die durch das elektrische Bogenlicht hervorgerufene Reizung der vorderen Medien des Auges, Ophthalmia electrica.

Das Licht von der elektrischen Bogenlampe ruft im Auge eine Entzündung hervor, welche den Namen Ophthalmia electrica erhalten hat. Im Jahre 1843 soll Foucault[3] nach Experimenten mit elektrischem Licht von diesem Leiden befallen worden sein. Im

---

Veränderung in ihrer Farbe lässt sich ja, wenn sie doppelseitig auftritt, nicht so leicht constatiren.

[1] Ob die tieferen Veränderungen in der Hornhaut, perforirenden Ulcerationen und permanenten Trübungen, von denen Gardner spricht, auf der Einwirkung des Lichtes oder secundären Veränderungen durch z. B. intercurrente Infection beruhen, wage ich nicht mit Bestimmtheit zu entscheiden.

[2] Eigenthümlich genug soll nach Carron de Villard (siehe Leber, in Gräfe-Sämisch's *Handbuch*. Bd. 1877. S. 1007) bei dem Leiden auch Tagblindheit beobachtet worden sein. Mir scheint diese Angabe aber auf einer Verwechselung zwischen der Tagblindheit und der Lichtscheu zu beruhen. Bei starkem Licht kann der Patient nicht sehen, weil er zufolge des starken Scheines die Augenlider nicht zu öffnen vermag, was ihm dagegen bei der schwächeren Beleuchtung während der Nacht leichter wird.

[3] Nach Terrier, Ophthalmie électrique: *Arch. d. Ophth.* 1888. Bd. VIII. S. 1.

Jahre 1858 stellten sich nach Charcot[1] bei zwei Chemikern, welche Versuche über die Schmelzung gewisser Stoffe mittelst einer Bunsen'schen Batterie von 120 Elementen angestellt hatten, Erythem in der Gesichtshaut und Schmerzen in den Augen ein. Im Jahre 1881 theilte Charles Nodier[2] in einer Graduationsdissertation zwei Fälle mit, welche von E. Rochard beobachtet waren.

Der eine betraf einen Offizier der Marine, welcher mit einem elektrischen Bogenlicht von der Stärke von 1600 Normalkerzen (Carcel) zwei Stunden lang ohne Schutzbrille experimentirt hatte. An demselben Abend fühlte er Schmerzen in den Augen und im Kopfe, und am Tage darauf stellten sich Lichtscheu und periobitäre Schmerzen ein. Die Untersuchung zeigte Hyperämie in der Conjunctiva, gelinde Injection der Sklera, pericorneale Injection und Myosis. Die Farbe der Iris war normal, die Cornea und die vorderen Kammern zeigten nichts Abnormes. Der Patient war wieder hergestellt in 4 Tagen.

Der zweite Fall betraf ebenfalls einen Offizier der Marine, welcher Versuche mit einer elektrischen Bogenlampe von der Stärke von 300 Normalkerzen (Carcel) angestellt hatte. An demselben Abend gelinden Kopfschmerz und Stechen in den Augen, am Tage darauf heftiges Stechen, Thränenfluss, starke Lichtscheu, Schmerzen in der Stirn nebst lancinirenden Schmerzen, hauptsächlich in der Gegend der Augenlider; die Conjunctiva war entzündet, die „scleralen Gefässe, rings um die Hornhaut, wo pericorneale Injection vorhanden war, mit Blut überfüllt", ausserdem Chemosis. Vollständige Gesundheit am dritten Tage.

Rockliffe[3] theilte 1882 folgenden Fall mit:

Ein 28 jähriger Mann hatte die Kohlenspitzen in einer Lampe von 3000 Normalkerzen zu justiren. Er that dies ohne Schutzbrille, was bei ihm gewöhnlich nur eine vorübergehende Blendung der Netzhaut hervorrief. Dieses Mal aber hatte er nachher Schmerzen, litt an Lichtscheu und Thränenfluss. Die Untersuchung zeigte am folgenden Tage ausser den genannten Symptomen Anschwellung und Hitze in den Augenlidern nebst starker Injection der Conj. bulbi. Die Symptome verschwanden innerhalb 48 Stunden.

Im Jahre 1883 veröffentlichte Emry Jones[4] folgende zwei von Birch beobachtete Fälle.

1. Der Patient hatte seine Augen dem elektrischen Lichte ungefähr 20 Minuten in einer Entfernung von nur wenigen Zoll und ohne den Schutz einer Brille ausgesetzt. Am folgenden Tage litt er an heftigen Schmerzen in den Augen, Thränenfluss, Photophobie und gelinder Röthung der Conjunctiva. Ein Tropfen Atropin linderte die Schmerzen sofort, und nachdem die Atropinwirkung verschwunden war, konnte er wieder an seine Arbeit gehen.

[1] Charcot, *Comptes rendus des séances et mémoires de la Société de Biologie.* 1859. S. 63.

[2] Nodier, *Sur une ophthalmie causée par la lumière électrique.* Thèse de Paris. 1881. S. 9.

[3] Rockliffe, *Ophth. Review.* 1882. S. 308.

[4] Emry Jones, *Ophth. Review.* 1883. S. 106.

2. Nach Angabe des Patienten ruft bei ihm die Betrachtung einer Lampe von der Stärke von 2000 Normalkerzen in 1—2 Minuten eine Augenentzündung hervor. Längere Betrachtung kann vollständige Blindheit herbeiführen. Ein sehr starker Strom mit violettem oder ein schwächerer Strom mit rothem Licht ist weniger schädlich als das normale weisse oder blauweisse Licht. Ein intermittirendes und fluctuirendes Licht ist gefährlicher als ein gleichmässiges. Die erste Wirkung ist eine starke Blendung mit intensiven Nachbildern. Wenn Entzündung zustösst, geschieht dieses stets nach 6—9 Stunden. Dieselbe beginnt mit einem Gefühl wie von unzähligen Staubpartikeln in den Augen. Hierzu gesellt sich Thränenfluss, die Pupillen werden mehr oder weniger erweitert und die Augenbulben blutgesprengt. Ausserdem stellen sich heftige Schmerzen und Lichtscheu ein.

David Little theilte 1883 folgenden Fall mit.[1]

Eine Person, welche sich mit Versuchen mit elektrischem Licht beschäftigte, vergass einmal sich die dunkle Brille aufzusetzen. Der Apparat, in welchem das elektrische Licht eingeschlossen war, wurde schnell geöffnet und der Schein fiel auf das rechte Auge, was eine vollständige Erblindung desselben für einige Minuten zur Folge hatte. Die Augen wurden für mehrere Tage äusserst lichtscheu, auch stellte sich heftiger Kopfschmerz ein. Zwei Monate später suchte diese Person den Rath des Verfassers wegen Flimmer und dunklen Flecken vor dem rechten Auge. Die Sehschärfe war dann $^{20}/_{50}$, der Augenspiegel zeigte ein ausgeprägt rauchiges Aussehen der Papille und der Retina dicht neben derselben. Das Sehvermögen des linken Auges war gut und der Grund normal.

G. Sous (Bordeaux) hat ebenfalls einen Fall beobachtet.[2]

Ein Mann, welcher die Kohlenspitzen in einer elektrischen Lampe überwachte, betrachtete dieses Licht oft ganz nahe. Obschon er dabei durch eine dunkelblaue Brille geschützt war, wurde er doch in der darauffolgenden Nacht von heftigen Schmerzen befallen. Es kam ihm vor, als habe er glühende Kohlen nicht nur in den Augen, sondern auch in den Orbitae, auch konnte er nicht einmal das schwächste Licht ertragen. Nach zwei Tagen war er vollständig hergestellt.

Defontaine berichtete am 1. Juni 1887 in der Société de Chirurgie über folgende zwei Fälle.[3]

Zwei Personen, welche bei Versuchen, Stahl mittelst einer Bogenlampe von 300—400 Ampère und 100 Volt zu schmelzen, deren Lichtstärke wenigstens 10,000 Carcellampen entsprach, assistirten, empfanden bei denselben die Einwirkung dieses starken Lichtes auf die Haut. Obschon sie sich von der Lichtquelle in einem Abstand von 5—10^{m} befanden, also zu weit von derselben entfernt waren, um die strahlende Wärme zu fühlen, hatten sie doch ein Gefühl von Verbrennung. Das Licht wurde zwar oft unterbrochen, dennoch waren nach einem Versuch von 2 Stunden Hals, Gesicht und Stirn bis an die Haargrenze gelinde schmerzhaft und kupferroth gefärbt. Ungeachtet die Augen

---

[1] D. Little, *Ophthalmic Review*. 1883. S. 196.

[2] Sous, *Journ. de Médecine de Bordeaux*. 1887. Nr. 4 u. 5, nach Terrier.

[3] Defontaine, Note sur le coup de soleil électrique (*Société de chirurgie*, nach Terrier).

durch so dunkle Gläser geschützt waren, dass man kaum die Sonne durch sie zu sehen vermochte, wirkte das Licht doch so stark auf sie ein, dass das Sehvermögen für einige Minuten vollständig vernichtet war und die Gegenstände während einer halben Stunde safrangelb gefärbt erschienen. Die Conjunctiva war nachher 48 Stunden lang stark hyperämisch. Hierzu kam ein schmerzhaftes Gefühl von fremden Körpern unter den Augenlidern, Thränenfluss und Kopfschmerz.

Terrier,[1] welcher in einer Abhandlung „De l'ophthalmie électrique" eine Zusammenstellung der vorher veröffentlichten Fälle gab, theilte ausserdem einige neue, theils von ihm selbst, theils von Anderen beobachtete, mit.

1. Zwei Personen, welche $1^1/_2$ Stunden bei einem Versuche assistirten, Eisen in dem elektrischen Bogenlicht zu schmelzen, merkten gleich nachher, dass ihre Augen geröthet waren. Am Abend fühlten sie in ihnen ein Stechen und später, in der Nacht, unerträgliche Schmerzen; überdies waren sie äusserst lichtscheu, sodass sie den Schein eines Lichtes, ja sogar eines Zündhölzchens nicht vertragen konnten. Der eine kam am folgenden Tage unter Dr. Dujardin's Behandlung, welcher ausser den schon genannten Symptomen starke Hyperämie in der Conj. oculi und Thränenfluss fand. Der andere wurde von Dr. Meyer behandelt. Gleich nach Mitternacht, wo dieser ihn zum ersten Male sah, war er in Folge der heftigen Schmerzen beinahe von Sinnen. Die Augenlider waren geschwollen und krampfhaft geschlossen, die Thränen flossen reichlich über die Wangen herab, die Gesichtshaut war roth, geschwollen und heiss, die Sclera injicirt, die Cornea normal, die Pupillen zusammengezogen und die Conj. palpebralis lebhaft geröthet; mit Ausnahme des Thränenflusses war keine abnorme Secretion vorhanden und das Sehvermögen, von der Lichtscheu abgesehen, nicht vermindert. Bei Gebrauch von Cocaïn und Aqu. Laurocerasi gesund in zwei Tagen.

Faucher hat in Briefen an Terrier Folgendes mitgetheilt:

Wenn man dem Scheine eines elektrischen Bogenlichts ausgesetzt ist, besonders aber dann, wenn man das Licht fixirt, hat man nach einigen Stunden ein schmerzhaftes Gefühl wie von fremden Körpern im Conjunctivalsacke. Diese Wirkung könnte sich als eine Art von leichter Verbrennung auffassen lassen.

Eines Tages hatte F. einem Versuche beigewohnt, den elektrischen Lichtbogen von der Kohle auf einen eisernen, mit Magnesia gefüllten Tubus überspringen zu lassen. Der Versuch nahm vielleicht 10 Minuten in Anspruch. Alle Anwesenden (vier an der Zahl) hatten drei Tage lang eine heftige Congestion nach der Conjunctiva, sowie ein äusserst schmerzhaftes Gefühl von Verbrennung und Trockenheit, wie von fremden Körpern. Die Arbeiter, welche sich am Regulator aufhielten, bekamen im Gesicht und an den Händen eine Art von elektrischem Sonnenstich von sehr grosser Heftigkeit.

Terrier's eigener Fall war eine Person, welche bei der Schmelzung von Stahl dem Lichte einer Bogenlampe von 400 Ampère vier Stunden des Vormittags und $^1/_2$ Stunde des Nachmittags ausgesetzt gewesen war. Gesicht und Augen waren dabei durch einen Schirm von zwei rothen und einem grünen Glase ge-

[1] Terrier, a. a. O.

schützt. Am Nachmittag stellte sich Thränenfluss ein, welcher zur Arbeit unvermögend machte, und in der Nacht kam hierzu noch ein Gefühl wie von Sand in den Augen. Am folgenden Tage beobachtete Terrier gelinde Photophobie, Injection der Conj. palpebralis, starke Vascularisation der Conj. oculi, namentlich der von den Augenlidern gewöhnlich unbedeckten Theile, gelinde Chemosis und erweiterte und träge reagirende Pupillen; der Augengrund war normal. Gesund in einigen Tagen.

In seiner Abhandlung unterscheidet Terrier zwischen einer leichteren und einer schwereren Form. Bei der leichteren Form ist der entblösste Theil der Conj. oculi, d. h. die Partieen, die rechts und links von der Hornhaut liegen, vascularisirt. Es kann Chemosis vorkommen, die Pupille kann erweitert oder auch verengt sein, reagirt aber träge; der Augengrund zeigt nichts Abnormes. Von retinalen Symptomen werden Chromatopsie, Phosphene und Lichtscheu beobachtet. Dieselben verschwinden ziemlich schnell und die Prognose ist gut.

Bei der schwereren Form treten zuerst Störungen in den Functionen der Netzhaut auf, das Sehvermögen ist geschwächt oder vernichtet, auch zeigt sich ein dunkler Fleck im Fixationspunkt und Complementarfarben. Nach einigen Stunden treten die eigentlichen Symptome der Ophthalmia electrica, nämlich Schmerzen im Kopfe und in den Augen, ein Gefühl von fremden Körpern unter den Augenlidern, Thränenfluss, starker Blepharospasmus und Lichtscheu, lebhafte Injection der Conjunctiva, ausgeprägte Pericornealinjection, Pupillenverengung und, ausnahmsweise, Vascularisation der Sclera auf.[1] An die localen Symptome schliessen sich auch allgemeine: Fieber und Schlaflosigkeit (diese von den Schmerzen bedingt). In mehreren Fällen hat man ausser dem Augenleiden auch eine Affection der Haut im Gesicht und an den Händen beobachtet.

Die Symptome von der Netzhaut, welche der eigentlichen Ophthalmia electrica vorausgehen, verschwinden gewöhnlich bald wieder, ohne einige Störungen zurückzulassen. Doch kommen auch Fälle vor, wo die Netzhaut von dem intensiven Lichte einen dauernden Schaden erleidet. Dieses geschah in David Little's oben angeführtem Fall.

Vergleichen wir die Symptome bei Ophthalmia electrica mit denjenigen bei Schneeblindheit, so finden wir zwischen diesen beiden eine auffallende Aehnlichkeit. Sie treten gewöhnlich erst einige Stunden nach der Einwirkung des Lichtes auf das Auge auf. Die Empfindung der Reibung, die Lichtscheu, der Augenlidskrampf sind gemeinsam für

---

[1] Nodier giebt in seinen Fällen eine Injection in den scleralen Gefässen an, doch scheint es mir aus dem Zusammenhang hervorzugehen, dass er die episcleralen Gefässe meint.

beide. In den leichteren Fällen kommen bei beiden Injection und Schwellung der Conj. oculi, und in den schwereren ausserdem auch Pericornealinjection, Pupillenverengung und intensive Schmerzen von ciliarer Natur in den Augen und der Augengegend vor. Die in schwereren Fällen von Schneeblindheit beobachtete Trübung und Ulceration der Hornhaut, sowie die Empfindlichkeit an der Ciliengegend ist bei Ophthalmia electrica zwar nicht nachgewiesen worden, doch dürfte dieses nur darauf beruhen können, dass das electrische Licht im allgemeinen eine viel kürzere Zeit auf das Auge eingewirkt hat, als die von den Schneefeldern reflectirenden Sonnenstrahlen, denen das Sehorgan oft viele Stunden, ja ganze Tage ausgesetzt gewesen ist.

3. Die vom Blitz hervorgerufene Reizung der vorderen Medien des Auges.

In dem Vorhergehenden habe ich über die Veränderungen berichtet, welche der Blitz theils in der Linse, theils in den Pap. nervi optici, der Netzhaut und der Aderhaut hervorruft. Ausser diesen Veränderungen entstehen bei einem Blitzschlag zuweilen Symptome in den vorderen Theilen des Auges. So kamen in einem von Pagenstecher[1] veröffentlichten Falle Schwellung der Augenlider und Injection der Conj. bulbi, in einem anderen, von Knies[2] mitgetheilten, Trübung der Hornhaut, Ciliarinjection und Synechienbildung vor. In folgenden Fällen sind die Symptome in den vorderen Medien des Auges besonders auffällig.

1. Mitgetheilt von Maclean:[3] Ein vierzehnjähriges Mädchen hatte eine Nacht im Schlafe das Gesicht dem Fenster zugekehrt. Sie wurde von einem starken Donnerknall geweckt und sah dabei zwei Blitze hintereinander an den Augen vorüberfahren. Sie schlief gleich darauf wieder ein, als sie aber am nächsten Morgen erwachte, war sie nicht im Stande, die Augen zu öffnen. Als man dieselben mit Gewalt öffnete, war das Sehvermögen verschwunden, die Sclera war injicirt, Photophobie, Schmerzen im Nacken und Fieber waren vorhanden. Nach Anwendung von Aderlass, Abführungsmitteln, warmen Umschlägen auf die Augen und spanischer Fliege im Nacken konnte sie am Nachmittag die Personen wieder erkennen; das Sehvermögen kehrte allmählich zurück, nur die Lichtscheu hielt noch einige Zeit an, worauf auch diese gänzlich verschwand.

2. Mitgetheilt von Purtscher:[4] Die Patientin stand am offenen Fenster, als der Blitz 15—20 Schritte von ihr niederschlug. Sie wurde für einige Minuten bewusstlos. Als sie wieder zum Bewusstsein kam, empfand sie ein heftig

---

[1] Pagenstecher, *Arch. f. Augenheilk.* 1884. Bd. XIII. 4. S. 147.
[2] Knies, *Arch. f. Ophth.* 1886. Bd. XXXII. 3. S. 236.
[3] Nach Leber, *Arch. f. Ophth.* 1882. Bd. XXVIII. 3. S. 255.
[4] Purtscher, *Arch. f. Ophth.* 1883. Bd. XXIX. 4. S. 195.

brennendes Gefühl im Gesicht, starke Lichtscheu, sowie einen peinigenden, beinahe unerträglichen Schmerz im ganzen Körper, besonders aber im Halse, im Nacken und im oberen Theil des Rückens. Am Nachmittag des folgenden Tages verschwand das brennende Gefühl im Gesicht, die übrigen Symptome aber blieben. Bei der Untersuchung, zwei Tage später, war die Gesichtshaut gelinde geröthet und wärmer als normal. Es fand sich starke Lichtscheu, die Conj. bulbi und palpebralis waren stark injicirt, aber ohne Secretion. Die Pupillen waren eher verengt, reagirten aber lebhaft und die Sehschärfe (nach eigener Aussage der Patientin nicht vermindert) war $^6/_9$; mit + 3·00 wurde Jäger I mit dem einen Auge in einer Entfernung von 20 cm gelesen; das andere Auge $^6/_6$, Jäger I in einer Entfernung von 22 cm. Der Augenspiegel zeigte Erweiterung der Retinalvenen. Nach ferneren 14 Tagen waren die krankhaften Symptome verschwunden, nur ein geringes Drücken und Stechen in den Augen war noch vorhanden.

3. Mitgetheilt von Vossius:[1] Der Patient wurde bewusstlos von einem Blitze zu Boden geworfen, welcher dicht neben ihm niederschlug. Als er zwei Stunden später nach und nach zum Bewusstsein zurückkehrte, war es ihm in Folge heftiger Schmerzen unmöglich, die Augen zu öffnen. Am Tage nachher konnte er sie zwar öffnen, doch merkte er eine bedeutende Veränderung im Sehvermögen des rechten Auges. Als er zwei Tage später untersucht wurde, zeigte sich Folgendes: die Gesichtshaut war roth und geschwollen, doch ohne eine Spur von Verbrennung; ausserdem fanden sich Lichtscheu und Blepharospasmus. Am rechten Auge das obere Lid mässig geschwollen, die Wimper zum Theil versengt, Schwellung und Röthung der Conj. tarsi, Chemosis, pericorneale Injection, die äussere Hälfte der Hornhaut rauchig getrübt, das Epithel gleichsam fein punktirt, die vordere Kammer etwas tiefer als gewöhnlich, das Kammerwasser etwas getrübt, die Iris missfarbig, hyperämisch und verdickt, der Corpus ciliare an einer Stelle schmerzend bei Druck, die Linse klar, der Glaskörper fein getrübt, in der Netzhaut venöse Hyperämie. Im linken Auge, ausser Lichtscheu, Blepharospasmus, Thränenfluss, Röthung und Schwellung der Conj. tarsi, Injection in den episcleralen Gefässen, die oberen und inneren Quadranten der Conj. bulbi einnehmend und bis an den Rand der Hornhaut reichend. Das linke Auge besserte sich ziemlich schnell, im rechten aber setzte eine recidivirende Iridocyklitis eine längere Zeit fort. Zu derselben stiessen Neuritis optica und späterhin Cataracta polaris anterior und Sehnervatrophie.

4. Mitgetheilt von Silex:[2] Ein $3^1/_2$ Jahr altes Mädchen befand sich nebst seiner Mutter in einer Küche, als der Blitz durch den Schornstein niederschlug. Beide wurden bewusstlos zur Erde geworfen. Versuche, sie in's Leben zurückzurufen, blieben hinsichtlich der Mutter erfolglos, das Kind aber kam nach 5 Stunden zu sich. Dasselbe war jedoch empfindlich und weinerlich und hielt die Augenlider krampfhaft geschlossen. Als es am darauffolgenden Tage untersucht wurde, waren die Augenlider fest geschlossen und leicht ödematös, die Cilien intact, die Conj. palpebralis etwas hyperämisch, starke pericorneale Injection vorhanden, Chemosis rund um die Hornhaut in einer Breite von ungefähr $^1/_2$ cm nachweisbar, gegen den Aequator bulbi hin einige oberflächliche conjunctivale Gefässe injicirt, die Oberfläche der Hornhaut intact, die Durchsichtigkeit des Gewebes vermindert in Folge einer Menge von punkt- oder strichförmigen Trübungen in den oberflächlichen Lamellen. Die Pupillen von gleicher

---

[1] Vossius, *Berliner klinische Wochenschrift.* 1886. S. 304.

[2] Silex, *Archiv f. Augenheilk.* 1887. Bd. XVIII. S. 65.

Grösse, träge für Licht reagirend, die Farbe der Iris graugrün. Die ophthalmoskopische Untersuchung bei Chloroformnarkose zeigte die Linse klar, den Glaskörper und den Augengrund ebenfalls ohne Veränderungen. Am Tage nachher konnte die Patientin die Augen auch bei vollem Tageslicht öffnen, die Anschwellung der Augenlider war geringer, die Conj. bulbi wie früher, die Hornhauttrübungen beinahe verschwunden; in der Linse zeigten sich jetzt feine, radiäre Trübungen dicht unter der vorderen Linsenkapsel.

Als die Patientin nach Verlauf von acht Tagen aus dem Krankenhause entlassen wurde, waren Augenlider, Conjunctiva, Cornea und Iris normal. Auch die feinen Linsentrübungen waren klarer geworden, anstatt ihrer aber kam eine später entstandene peripherische Trübung in jeder Linse vor.

Es ist natürlicher Weise unmöglich, mit voller Sicherheit zu entscheiden, auf welche Weise der Blitz diese Symptome in den vorderen Medien der Augen hervorruft. Jede Ansicht hierüber ist mit einer gewissen Reservation auszusprechen. Wenn man indessen in Betracht zieht, welche Aehnlichkeit diese Symptome mit den von der Sonne und dem elektrischen Lichte hervorgerufenen haben, so dürfte man berechtigt sein, den Wahrscheinlichkeitsschluss zu ziehen, dass sie hauptsächlich die Folgen einer Einwirkung des Lichtes sind.[1] Besonders der von Silex mitgetheilte Fall ist einem Falle von Schneeblindheit so ähnlich — der einzige Unterschied besteht ja in einer Veränderung in der Linse — dass eine andere Erklärung kaum annehmbar ist. Was den Fall von Vossius anbetrifft, so ist derselbe zwar eigenthümlich durch die langwierige und recidivirende Irodocyklitis, aber hier ist der Blitz so nahe an den Augen vorübergegangen, dass die Wimpern zum Theil versengt waren. Es erscheint daher wenig merkwürdig, dass die Reizung der Iris und des Corpus ciliare ungewöhnlich stark war.

Die Symptome bei Schneeblindheit, Ophthalmia electrica und bei Blitzaffectionen zeigen also, dass intensives Licht eine Reizung an den vorderen Medien des Auges, und zwar theils an der Bindehaut und der Hornhaut, theils an der Iris und dem Corpus ciliare hervorruft.[2]

II. Experimentale Untersuchungen über die Einwirkung des Lichtes auf die vorderen Medien des Auges.

Im Herbst 1887 wurde der Aufsatz von Silex: „Beitrag zur Augenaffection in Folge von Blitzschlag“ publicirt. Im Anfang des Jahres 1888 erschien Terrier's Abhandlung: „De l'ophthalmie élec-

---

[1] Vgl. Purtscher, a. a. O.

[2] Möglicher Weise erstreckt sich die Wirkung das eine oder andere Mal auch auf die Sclera. (Vgl. S. 276.)

trique". Kurze Zeit darauf kam Berlin's[1] Gradualdissertation: „Om snöblindhet" (Ueber die Schneeblindheit) heraus. Die Uebereinstimmung der Symptome der in diesen Abhandlungen behandelten Augenaffectionen brachte mich auf den Gedanken, die Natur der eigenthümlichen Einwirkung des Lichtes auf die vorderen Medien des Sehorgans auf experimentalem Wege zu erforschen zu suchen.

Ich wandte mich zu diesem Zwecke an den Professor der Physiologie am Carol. med. chirurg. Institut, Dr. R. Tigerstedt, und den Director an dem physischen Cabinet der Hochschule zu Stockholm, Dr. K. Ångström, welche mir Gelegenheit gaben, in ihren Laboratorien die für die Lösung der Frage nöthigen Experimente auszuführen. Diesen beiden Herren bitte ich hiermit meinen wärmsten Dank für all' das Wohlwollen, das Interesse und Entgegenkommen aussprechen zu dürfen, was mir von ihrer Seite zu Theil geworden ist.

Nach Berlin kann die Schneeblindheit auch bei Thieren vorkommen. So werden die Seehunde, wenn sie gegen Johanni auf dem Eise liegen, schneeblind, sodass es dann leichter ist, sich ihnen zu nähern.[2] Hunde können ebenfalls von Schneeblindheit befallen werden,[3] und Nordenskiöld hat auf seiner Reise mit der Vega beobachtet, dass auch Hasen schneeblind werden können.[4] Auf Grund dieser Angaben erschien es mir wahrscheinlich, dass die Frage durch Experimente mit Thieren gelöst werden könnte. Anlässlich Nordenskiöld's obengenannter Angabe erwählte ich zum Versuchsthier das mit dem Hasen nahe verwandte Kaninchen.

1. Die Einwirkung des ganzen Lichtes auf die vorderen Medien des Auges.

Die ersten Versuche hatten den Zweck, darzuthun, inwiefern ein mit Schneeblindheit und Ophthalmia electrica gleichartiger Symptomcomplex sich im Auge des Kaninchens mittelst Sonnenlicht hervorrufen lässt. Hierzu wurde das Versuchsthier auf ein gewöhnliches Kaninchenbrett gebunden und gegen das eine Auge desselben sodann Sonnenlicht mittelst eines Handheliostats reflectirt.

Versuch I. Mittelgrosses, braunes Kaninchen. Die Versuchszeit $2^1/_2$ Stunde

---

[1] A. Berlin, Om snöblindhet. *Nord. med. ark.* 1888. Bd. XX. Nr. 3

[2] Kane, *Arct Explorations.* I. p. 260, nach Berlin.

[3] W. Kennedy, *A short narrative of the second voyage of the „Prince Albert" in search of sir* John Franklin. London 1853. S. 139, nach Berlin.

[4] Nach Berlin.

(11,30 — 2). Der Himmel zum Theil bewölkt, die Sonne ungefähr den fünften Theil der Zeit hinter Wolken verborgen.

Sobald das Licht auf das Kaninchenauge fällt, schliessen sich die Lider desselben zur Hälfte, dies jedoch nur für $^1/_2$—1 Minute, worauf sie sich mehr und mehr aufsperren.

Das Kaninchen liegt unbeweglich, in das Licht starrend; wird die Intensität des Lichtes schnell vermehrt, indem die Sonne hinter einer Wolke hervortritt, so werden die Augenlider etwas zusammengekniffen, um nach einigen Augenblicken wieder aufgesperrt zu werden. Die Pupille ist stark contrahirt.

Während des Versuches liess sich keine Veränderung an der Oberfläche des Auges, keine Injection oder Absonderung wahrnehmen; die Hornhaut war vollkommen klar und die Farbe der Iris unverändert. Die unmittelbar nach Schluss des Versuches vorgenommene Untersuchung gab ein negatives Resultat und ebensowenig konnte drei Stunden später oder am Tage darauf an der Oberfläche des Auges etwas Abnormes nachgewiesen werden.

Versuch II. Mittelgrosses, schwarz und weisses Kaninchen. Der Himmel klar. Die Versuchszeit $2^1/_2$ Stunde (11,30 — 2). Das Kaninchen ist geneigt gegen das Licht zu blinzeln, gleichwohl ohne die Lider vollständig zu schliessen. Blepharostat wurde eingelegt, nach einer halben Stunde aber wieder fortgenommen.

Am Ende des Versuches war das Auge mässig thränend und es zeigten sich einige unbedeutende Schleimflocken im Secret; die Conj. bulbi und palpebralis mässig injicirt. Diese Symptome waren zwei Stunden später sehr geschwächt, nach ferneren vier Stunden noch unbedeutender, am Tage darauf ganz verschwunden.

Versuch III. Mittelgrosses, braunes Kaninchen. Der Himmel klar, die Versuchszeit vier Stunden (11 — 3), die Temperatur im Zimmer im Schatten nahezu constant 19° C. Ein frei in der Luft hängendes Thermometer mit berusster Kugel zeigte in dem vom Heliostat reflectirten Lichtkegel 25° C. Ein gleiches und in derselben Entfernung vom Kaninchen aber im Schatten aufgehängtes Thermometer zeigte 20° C.; ein nahe dem offenen Fenster in der Sonne hängendes Thermometer 30° C.[1] Das Kaninchen lag, wie bei dem Versuche Nr. 1, die ganze Zeit hindurch unbeweglich, in das Licht starrend. Eine Veränderung an der Oberfläche des Auges war indessen nicht zu entdecken und ebensowenig war dies eine Stunde nach Schluss des Versuches, später am Abend oder am folgenden Tage der Fall. Dahingegen zeigten sich bei zweien der Versuche folgende Veränderungen im Augengrunde.

Bei der unmittelbar nach dem Versuch vorgenommenen ophthalmoskopischen Untersuchung erschien die Gegend für das deutliche Sehen graulich und undurchsichtig. In der Umgebung derselben, doch nicht in der geblendeten Partie, liessen sich hier und da Chorioidalgefässe beobachten. Einige Stunden später zeigten sich an der geblendeten Stelle einige stecknadelkopf- bis hanfkorngrosse weissliche Herde. Mehrere derselben umgaben sich bald theils mit einer schwach gezeich-

[1] Da der Tisch, über welchem das Thermometer hing, schwarz war, wurde über denselben, um die Einwirkung der von der schwarzen Farbe absorbirten Wärme auf das Thermometer zu verhindern, ein quadratischer Bogen weisses Papier, dessen Seite 4 Fuss mass, ausgebreitet. Ohne diese Vorsichtsmassregel stieg das Thermometer auf 40° C.

neten rothen Zone, theils mit Pigment. Die Veränderungen gingen nicht vollständig zurück, sondern es zeigten sich noch mehrere Wochen theils helle, theils pigmentirte, aber sehr schwach gezeichnete Heerde. Das Aussehen ähnelte dem einer centralen Chorioiditis beim Menschen. Die Veränderungen, obschon trotz der langen Expositionszeit wenig ausgeprägt, waren wahrscheinlich mit denen identisch, welche Czerny und Deutschmann bei ihren Blendungsversuchen beobachtet haben. Ein näheres Studium derselben betrachte ich als ausser meiner Aufgabe liegend. Was ich beobachtet, habe ich indessen einer kurzen Erwähnung werth erachtet.

Es war also offenbar, dass bei der in diesen drei Versuchsreihen benutzten Anordnung keine mit der Schneeblindheit gleichartige Symptome im Kaninchenauge hervorgerufen werden konnten. Bei dem Versuch Nr. 2 entstand zwar eine vorübergehende Injection mit mässiger Absonderung, diese aber war wahrscheinlich von einer durch den Blepharostat verursachten Reizung hervorgerufen.

Das negative Ergebniss der Versuche konnte vielerlei Ursache haben. Es konnte möglicherweise darauf beruhen, dass die Oberfläche des Kaninchenauges für Licht weniger empfindlich ist, als die des Menschenauges. Ferner konnte es seinen Grund darin haben, dass die Atmosphäre bei dieser Gelegenheit die wirksamen Strahlen resorbirte. Schliesslich konnte es dadurch bedingt sein, dass das vom Heliostat reflectirte Licht nach der Reflexion in seiner Zusammensetzung modificirt war. Für die letztere Annahme sprach unleugbar das in Fall III erwähnte Verhältniss mit der Temperatur. Das directem Sonnenlicht ausgesetzte Thermometer zeigte nämlich 30° C., das in dem vom Heliostat reflectirten Lichtkegel aufgehängte, welches doch eine Einwirkung von der Temperatur des Versuchsthiers erfuhr, nur 25°. Dieses zeigt ja, dass ein Theil der lebenden Kraft des Lichtes durch die Reflexion verloren gegangen war.

Die Versuche wurden deshalb dahin verändert, dass das Auge des Kaninchens directem Sonnenlicht ausgesetzt wurde.

Versuch IV. Schwarz und weisses Kaninchen. Der Himmel klar. Die Versuchszeit von 11—2 Uhr. Das Thier wurde an einem offenen Fenster an der Sonnenseite placirt. Zufolge des hohen Standes der Sonne am Himmel war das Auge von dem oberen Lide ziemlich geschützt und es konnte daher nur ein unbedeutender Theil desselben vom Lichte getroffen werden. Beim Versuche wurde keine Wirkung beobachtet, auch nicht zwei und fünf Stunden nachher oder am Tage darauf.

Das Verhalten des Kaninchenauges zur Rima oculi zeigt eine gewisse Verschiedenheit mit dem des Menschenauges. Beim Menschen wird die Lidspalte theils von der Hornhaut, theils — und dieses nicht zum geringen Theil — von der Sclera, beim Kaninchen dagegen ganz und gar von der Hornhaut ausgefüllt. Diese Verschiedenheit schien

mir von keiner geringen Bedeutung zu sein. Ein Theil der Symptome bei Schneeblindheit und der Ophthalmia electrica treten gerade an dem Theile der Conj. bulbi auf, welcher entblösst in der Augenlidspalte liegt. Nach Berlin zeigt sich Chemosis ausschliesslich an dieser Partie. Dasselbe war der Fall mit der Injection in Terrier's Fall. Wenn nun, wie diese beiden Forscher annehmen, das Licht einen directen Einfluss auf die Oberfläche des Auges ausübt, so mussten also bei der bisher angewandten Versuchsanordnung die Symptome an der Conj. oculi ausbleiben. Hierzu kommt, dass die Gefässe, welche die Iris und den Corpus ciliare mit Blut versehen, zum Theil die Art. ciliares anteriores sind. Diese Gefässe liegen auf ihrer Bahn theilweise subconjunctival und somit dem Lichte ausgesetzt. Es wäre nicht undenkbar, dass die Strahlen auf diesen Theil der Gefässe eine lähmende Wirkung ausüben und die Hyperämie in der Iris und dem Corpus ciliare ihren Ursprung von einer auf solche Weise entstandenen Erweiterung der vorderen Ciliararterien herleiten könnten. In Folge dessen wurde bei den Versuchen eine Veränderung vorgenommen. Das obere Augenlid wurde mittelst eines durch die Haut gezogenen, in Sublimat desinficirten Fadens fixirt, so dass der obere Theil der Sclera bloss lag, und in vielen Fällen auch das untere Lid mittelst eines solchen Fadens fixirt. Zur Controle wurde das andere Auge auf gleiche Weise aufgebunden.

Diese Maassregel, auch das Lid des anderen Auges aufzubinden, erwies sich keineswegs als unnöthig, daher es in der Regel auch bei allen folgenden Versuchen geschah. Nach Aufbinden der Augenlider zeigen sich nämlich an den Augen Reizungssymptome, und diese sind oft ziemlich intensiv. Schon nach einer halben Stunde fangen die Conj. palpebralis und oculi an injicirt zu werden, und nach noch einiger Zeit treten oberflächliche Epithelabhebungen an der Hornhaut auf. Hierzu gesellen sich Chemosis und mässige Absonderung von Schleim. Die Symptome treten um so schneller ein, je höher die Temperatur der umgebenden Luft ist. Bei meinen ersten Versuchen, welche im Mai, und bei meinen letzten, welche im Herbst vorgenommen wurden, war die Reizung eine sehr geringe und bald übergehende, selbst dann, wenn die Versuche 4 — 5 Stunden lang währten. Im Hochsommer aber war sie äusserst intensiv, und die Symptome traten dann schon eine halbe Stunde nach Aufbinden des Augenlides ein. Sie nahmen mit der Dauer des Versuches an Heftigkeit zu. Sobald der Versuch unterbrochen und das Lid frei gemacht wurde, fingen sie an abzunehmen. Schon nach ein paar Stunden zeigten sie sich merkbar schwächer, und nach 5 — 6 Stunden waren sie gänzlich verschwunden, oder auch

war dann nur noch eine ganz unbedeutende Reizung vorhanden. In der Regel war das Auge vollständig reizungslos und die kleinen Epithelabhebungen am Morgen des folgenden Tages geheilt. Nur in ein paar Fällen wurde am anderen Morgen eine unbedeutende Injection beobachtet. Da diese Symptome eigentlich nur während der warmen Jahreszeit auftraten aber äusserst unbedeutend waren, sobald die Temperatur der umgebenden Luft auf 16 — 17° C. sank, so ist es wohl wahrscheinlich, dass sie auf einer stärkeren Ausdünstung von der Oberfläche des Auges beruhten.[1]

An einigen klaren Tagen im Juni wurden zehn Versuche mit directem Sonnenlicht gemacht. Die Versuchszeit war im allgemeinen vier Stunden um die Mittagszeit. Das obere Augenlid wurde auf die obengenannte Weise an beiden Augen fixirt. Im Anfange wurde das Versuchsthier vor dem Versuche mit 50 ^{cg} Chloral subcutan betäubt, was aber späterhin unterblieb, weil sich in Folge davon locale Abscesse einstellten. Auf Grund des hohen Standes der Sonne trafen die Strahlen die Sclera beinahe senkrecht, die Cornea und die Iris aber mehr schief. Die Versuche fielen auf folgende Weise aus.

Versuch V—XIV. Nach ungefähr einer halben Stunde wurden die Conj. oculi und palpebralis injicirt und nach Verlauf von noch einer Stunde traten Chemosis und kleine oberflächliche Geschwüre an der Hornhaut auf. Hierzu gesellte sich eine mässige Schleimabsonderung. Am Ende des Versuches waren diese Symptome stark ausgeprägt. Die Injection trat in derselben Ausdehnung auf, in welcher die Conj. oculi dem Lichte ausgesetzt gewesen war. An derselben participirten nicht nur oberflächliche Gefässe, sondern auch tiefer liegende, über welche die Conj. oculi verschoben werden konnte. Sowohl die Injection wie auch die Chemosis, die Hornhautgeschwüre und die Absonderung waren an dem der Einwirkung des Lichtes ausgesetzten Auge stets schärfer ausgeprägt als am Controlauge. Hierzu kam an dem ersteren eine deutliche Zusammenziehung der Pupille und eine Veränderung in der Farbe der Iris.

Nach Verlauf von zwei bis drei Stunden nahmen die Chemosis, die Injection und die Absonderung merkbar ab, um dann, namentlich was die Injection anbetrifft, bis zum folgenden Tage wieder zu steigen. Die Injection breitete sich selten über die dem Lichte ausgesetzt gewesene Stelle der Conj. oculi aus. Nur ein oder zwei Mal beobachtete ich eine geringe Injection um den ganzen Rand der Hornhaut herum. Die Zusammenziehung der Pupille war in der Regel 24 Stunden stationär und dasselbe war der Fall mit den Hornhautgeschwüren und der Absonderung.

Am Morgen des dritten Tages waren oft alle Symptome verschwunden, nur ein geringes Thränen des Auges fand sich noch vor. Mehrere Male fand sich gleichwohl locale Injection an der dem Licht ausgesetzt gewesenen Stelle

[1] Dieselben können in Anbetracht der Annahme mehrerer Verfasser, dass trockene Luft eine mitwirkende Ursache zur Schneeblindheit ist, von Interesse sein.

noch am dritten Tage Abends. Das Controlauge war stets am folgenden Morgen reizungslos.

Zwei der Versuchsthiere starben plötzlich während des Versuches, wahrscheinlich in Folge von Sonnenstich.

Bei den späteren Versuchen wurde daher die Vorsichtsmassregel getroffen, den Kopf des Versuchsthieres mittelst eines Handtuches oder einer aus mehreren Blättern bestehenden Lage von Filtrirpapier, welche Bedeckung hin und wieder mit Wasser benetzt wurde, zu schützen.

Die Versuche mit Sonnenlicht waren nicht ohne Ungelegenheiten. Dieselben konnten nämlich nur bei klarem Himmel angestellt werden, auch geschah es nicht selten, dass ein bereits begonnenes Experiment abgebrochen werden musste, weil der Himmel sich mit Wolken bedeckte. Es war für mich deshalb — und auch aus anderen Gründen — von Interesse, elektrisches Licht zu erhalten. Es gelang mir auch, die erforderliche Elektricität in der dicht neben dem Karolinischen Institut belegenen Dampfmühle zu bekommen und von derselben eine Leitung nach dem physiologischen Laboratorium zu ziehen. Hierdurch wurde ich in den Stand gesetzt, abwechselnd mit dem Sonnenlicht auch eine elektrische Bogenlampe von einer Stärke von 1200 Normalkerzen auzuwenden. Im Spätsommer und im Herbste, wo das Wetter im allgemeinen regnerisch war und es nur wenige klare Tage gab, wurde der grössere Theil der Versuche mit elektrischem Licht ausgeführt.

Versuch XV. Ein mittelgrosses, braunes Kaninchen wurde in einer Entfernung von vier Fuss vor der elektrischen Bogenlampe placirt, deren Licht noch durch einen Reflector verstärkt war. Die Versuchszeit vier Stunden. Das Kaninchen lag nahezu die ganze Zeit hindurch unbeweglich und starrte in das Licht. Während des Experimentes zeigte sich nur eine unbedeutende Injection der Conj. oculi und palpebralis, welche dieselbe Stärke wie in dem anderen Auge hatte. Einige Minuten nach Schluss des Versuches waren beide Augen reizungsfrei. Zwei bis fünf Stunden nach dem Versuche war noch immer nichts von einer Wirkung zu sehen, auch nicht am folgenden Tage.

Versuch XVI. Schwarz und weisses Kaninchen, wurde drei Fuss von der Lampe entfernt placirt. Versuchszeit eine halbe Stunde. Resultat negativ.

Versuch XVII. Schwarz und weisses Kaninchen, wurde in einer Entfernung von zwei Fuss vor der Lichtquelle placirt und das obere Lid an beiden Augen auf die vorher beschriebene Weise fixirt. Die Versuchszeit von 12—3 Uhr. Nach Verlauf von ungefähr einer halben Stunde begann Injection und Schwellung sich an beiden Conj. oculi zu zeigen. Unmittelbar nach dem Versuche war die Injection und Schwellung an dem der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt gewesenen Auge etwas stärker; noch zwei bis drei Stunden nach Schluss des Versuches war kein bedeutenderer Unterschied zwischen beiden Augen zu beobachten. Am Tage darauf war das Controlauge jedoch frei von Reizung, wohingegen das andere Injection und Schwellung an der dem Licht ausgesetzt gewesenen Partie der Conj. oculi und eine mässige Schleimabsonderung zeigte; erst am vierten Tage war die Injection vollständig verschwunden.

Bei diesen drei Versuchen war zur Verstärkung des Lichtes ein Reflector benutzt worden. Aber da das Kaninchen bei dem folgenden Versuche plötzlich starb, wahrscheinlich infolge eines „elektrischen Sonnenstiches“, wurde der Reflector bei den ferneren Versuchen fortgelassen. Hierauf wurden 22 Versuche auf folgende Weise ausgeführt.

Versuch XVIII—XXXIX. Das Versuchsthier wurde in einer Entfernung von 25 ^{cm} vom Bogenlicht placirt; die Augenlider auf die gewöhnliche Weise fixirt und der Kopf mit dem oben beschriebenen Schutze versehen. Die Versuchszeit ungefähr vier Stunden.

In allen 22 Fällen trat schon während der Versuchszeit Injection und Chemosis in der Conj. bulbi in der Ausdehnung, in welcher das Gewebe dem Lichte ausgesetzt gewesen, nebst mässiger Schleimabsonderung, oberflächlichen Geschwüren der Hornhaut, Veränderung der Irisfarbe und Contraction der Pupille auf. Die Chemosis war in zwei Fällen so stark, dass die Bindehaut sich vollständig ausgespannt zeigte und einer mit Wasser gefüllten Blase glich. Die Injection und Schwellung nahmen während der folgenden 3—4 Stunden ab, waren an dem Versuchsauge jedoch stets stärker hervortretend als an dem Controlauge.

Am folgenden Tage fortfahrend Schleimabsonderung und Injection in der Conj. palpebralis. Die Injection in der Conj. oculi war wieder gesteigert, doch beschränkte sie sich in der Regel auf die dem Lichte ausgesetzt gewesene Stelle. Mehrere Male beobachtete ich Ekchymosen theils in dem Fornix conj., theils an den Conj. oculi. Nur ein einziges Mal kam eine stärker ausgeprägte allgemeine pericorneale Injection vor; dagegen zeigten sich mehrere Male Spuren einer solchen. Chemosis, mässig ausgeprägt, in derselben Ausdehnung wie die Injection; die Contraction der Pupille fortfahrend deutlich, ebenso die Missfärbung der Iris. Die letztgenannten beiden Symptome waren bei gewöhnlichen Kaninchen deutlicher ausgesprochen als bei Albinos. Die Hornhautulcerationen fortbestehend, überdies eine diffuse Trübung des Gewebes. Die Symptome an der Iris und der Hornhaut standen unter im übrigen gleichen Umständen im Verhältniss zur Grösse des dem Lichte ausgesetzt gewesenen Theiles der Gewebe. Da ich bei ein paar Versuchen bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel zu bemerken glaubte, dass die Gegend für das deutliche Sehen leicht getrübt war und also wahrscheinlich einige materielle Veränderungen von der Art erlitten hatten, wie ich sie früher bei der Einwirkung des Sonnenlichtes beobachtet hatte, schützte ich die Pupille mittelst eines kleinen Holzsplitters, welchen ich so placirte, dass sein Schatten auf die Mittelpartie der Iris fiel. Je grösser der auf diese Weise geschützte Theil war, desto unbedeutender wurde die Zusammenziehung der Pupille und die Veränderung der Farbe und um so weniger ausgebreitet auch die Ulcerationen und die Trübung in der Hornhaut.

Am dritten Tage waren die Symptome gewöhnlich bedeutend schwächer. Die Injection hatte bedeutend abgenommen, die Schwellung ebenso und die Contraction der Pupille und die Missfärbung der Iris waren verschwunden. Die Ulcerationen und die leichte Trübung der Hornhaut fortfahrend vorhanden.

Am vierten Tage war das Auge in der Regel frei von Reizung. Die Ulcerationen heilten in ein paar Fällen erst am fünften Tage. In diesen Fällen zeigte sich noch einige Tage eine leichte Trübung der Hornhaut.

Vergleichen wir die Veränderungen, welche mittelst des elektrischen Lichtes hervorgerufen wurden, mit den mittelst directem Sonnenlicht hervorgerufenen, so finden wir, dass sie beinahe ganz und gar gleich sind, nur dass die Wirkung des elektrischen Lichtes in dem bei den Versuchen beobachteten Abstande — 25 cm — sich stärker erwies. Auch die mikroskopische Untersuchung gab ein gleiches Resultat und wies im grossen Ganzen ziemlich unbedeutende Veränderungen nach. Als die Reizung ihren Höhepunkt erreicht hatte, wurden beobachtet: an der Bindehaut hier und da Abhebung des Epithels, mässige Zellinfiltration und Blutungen; an der Hornhaut ausgebreitete Abhebung des Epithels nebst mässiger Zellinfiltration bei dem Limbus corneae. Ausserdem war das Endothel an der Membrana Descementii in bemerkungswerthem Grade abgelöst. An der Iris und dem Corpus ciliare war nichts Abnormes zu beobachten, was die Vermuthung stützt, dass die während des Lebens beobachteten Symptome nur als eine Hyperämie in diesen Theilen aufzufassen sind.

Die Uebereinstimmung zwischen der am Kaninchenauge hervorgerufenen Affection mit der Schneeblindheit und der Ophthalmia electrica ist auffallend. Gleichwie bei diesen beiden Leiden fand sich auch dort Injection in der Conj. palpebralis, Injection in der Conj. oculi und Chemosis und Verengung der Pupille vor. Hierzu kamen, oft wie bei schwereren Fällen von Schneeblindheit, Ulceration und diffuse Trübung der Hornhaut, ebenso Ekchymosen in der Bindehaut. Inwiefern Schmerzen und Lichtscheu vorhanden waren, ist natürlich schwer zu entscheiden. Doch beobachtete ich mehrfach, dass die Kaninchen Geneigtheit zeigten, die Lider des kranken Auges geschlossen zu halten, auch dass sie bei der Untersuchung desselben bei schiefer Beleuchtung oder mit dem Augenspiegel unruhig waren. Eine Verschiedenheit ist zwar die Secretion, welche constant bei allen Versuchen vorkam, bei Schneeblindheit aber nur ausnahmsweise auftritt und bei Ophthalmia electrica bisher noch nicht beobachtet worden ist. Zum Theil findet diese Secretion zwar ihre Erklärung darin, dass die Augenlider fixirt waren; auch am Controlauge trat je eine Secretion auf. Hierzu kommt, was sich nicht vermeiden liess, dass bei der Fixation beinahe stets in grösserem oder geringerem Grade eine Eversion des Augenlides stattfand, sodass ein Theil der Conj. palpebralis der directen Einwirkung des Lichtes ausgesetzt wurde.

Sieht man von der Secretion ab, so sind die Symptome im Uebrigen mit Schneeblindheit und Ophthalmia electrica in dem Grade übereinstimmend, dass die Identität der bei den Versuchsthieren hervorgeru-

fenen Inflammation mit diesen beiden Leiden beim Menschen kaum bezweifelt werden kann.

2. Sind die von dem Lichte hervorgerufenen Symptome in den vorderen Medien des Auges als eine directe Einwirkung auf diese Theile oder als ein Reflex von der geblendeten Netzhaut aufzufassen?

Nach der gewöhnlichsten Ansicht beruht die Schneeblindheit auf einer starken Blendung der Netzhaut durch die von Schnee oder Eis zurückgeworfenen Sonnenstrahlen. Gardner[1]), welcher jedoch die Schneeblindheit hauptsächlich als eine Keratoconjunctivitis auffasst, huldigt dieser Ansicht. Enwall[1]), welcher ebenfalls die Schneeblindheit als eine Keratoconjunctivitis auffasst, glaubt, dass sie durch eine Ueberreizung der Nerven des Auges und eine Blendung desselben bedingt sei. Eine hiervon abweichende Ansicht spricht Schiess-Gemusens aus. Nach ihm ist die scharfe und trockene Luft eine mitwirkende Ursache zur Entstehung der Krankheit. Die Krankheit würde also, wenigstens zum Theil, in einer localen Reizung der Oberfläche des Auges ihren Grund haben. Reich betrachtet die Krankheit als eine Neurosis in dem nervösen Sehapparat „analog der Ciliarneurosis und anderen in die wissenschaftliche Nomenclatur aufgenommenen Neurosen"; sehr intensives Licht kann nach ihm an dem Sehnerven offenbar einen so hohen Grad von Reizung erzeugen, dass dadurch ein wirklicher Schmerz hervorgerufen wird. Ausserdem können Schmerz und andere Symptome auf reflectorischem Wege von dem Sehnerven hervorgerufen werden. Auch Haab ist der Ansicht, dass das Leiden wenigstens zum Theil in einer Ueberblendung seinen Grund habe,[2] und dasselbe nimmt auch Leber[3] an.

Gegen diese Annahme tritt Berlin auf.[4] Er hebt hervor, dass der Reflex von Schnee oft mit der Schneeblindheit zugleich ein Erythem in der Haut des Gesichtes und der Hände hervorruft. Gleichwie dieses Erythem nothwendiger Weise durch eine directe Einwirkung des Lichtes

[1] A. a. O.

[2] Nach Haab ruft das langdauernde, intensive Licht einen anhaltenden Krampf in dem Sphincter iridis hervor und dieser Krampf ist seinerseits die Ursache von den Schmerzen und Blepharospasmen, welche die am meisten hervortretenden Symptome bei Schneeblindheit sind. *Corresp.-Bl. f. Schweizer Aerzte.* 1888. S. 383.

[3] Leber, in Gräfe und Sämisch's *Handbuch.* 1877. Bd. V. S. 1006.

[4] Berlin, Om snöblindhet. *Nord. med. arkiv.* 1888. Bd. XX. Nr. 3. S. 26.

auf die entblössten Hautflächen bedingt sein muss, müssen seiner Ansicht nach auch die Symptome in den vorderen Theilen des Sehorganes durch eine directe Reizung der Oberfläche desselben und nicht durch einen Reflex von der geblendeten Netzhaut verursacht sein. Als Stütze für diese Ansicht führt er an, dass in den Fällen, welche er beobachtet hat, die Chemosis stets auf den Theil der Conj. oculi beschränkt gewesen ist, der unbedeckt in der Lidspalte liegt. Er fasst das Leiden übrigens vorzugsweise als eine Affection der Bindehaut auf und giebt ihm den Namen Conjunctivitis erythematosa, sagt aber zugleich ausdrücklich, dass ihm kein bestimmter pathologischer Process zu Grunde liege, sondern eine Reihe von pathologischen Veränderungen, die in einer gewissen Ordnung je nach der Stärke und der Dauer der einwirkenden schädlichen Factoren auftreten.

Dieselbe Verschiedenheit findet sich auch in den Ansichten betreffs der Ursache der Ophthalmia electrica. Terrier betrachtete das Leiden so zu sagen als einen elektrischen Sonnenstich in's Auge,[1] nur dass die Häute des Auges lebhafter und anders als die Haut reagiren. Was ihn zu dieser Ansicht führte, ist die Deutlichkeit, mit welcher er in seinem Falle zu constatiren vermochte, dass der unter gewöhnlichen Verhältnissen entblösste und dem elektrischen Lichte ausgesetzte Theil der Conj. oculi lebhaft injicirt war, während die von den Lidern geschützten Theile derselben eine weit geringere Injection zeigten.

Terrier's Ansicht von dem Entstehen der elektrischen Ophthalmie stimmt also in dieser Hinsicht vollständig mit Berlin's Hypothese von der Aetiologie der Schneeblindheit überein.

Auf der anderen Seite verficht Martin[2] lebhaft die Auffassung, dass die Ursache der Ophthalmia electrica hauptsächlich eine Blendung der Netzhaut ist. Diese rufe secundär reactionäre Störungen in den schützenden Hüllen, der Chorioidea, der Iris und der Conjunctiva hervor. Doch bestreitet er nicht ganz und gar eine directe Einwirkung auf die Oberfläche des Auges. In den Fällen, wo ein Erythem in der Haut gleichzeitig mit der Augenaffection auftritt, giebt er die Möglichkeit einer solchen directen Einwirkung nebst der reflectorischen von der Netzhaut zu. — Auch Nodier[3] fasst die Ophthalmia electrica als einen Reflex von der gereizten Netzhaut auf.

Bei meinen bisherigen Versuchen hatte ich mehrere Beobachtungen

---

[1] „*Une sorte de coup de soleil oculaire si l'on peut ainsi dire.*" L. c. p. 16.

[2] Martin, Pathogenèse de l'ophthalmie électrique. *Annales d'oculistique.* Tome C. p. 25.

[3] Nodier, a. a. O. S. 20.

gemacht, welche unbestreitbar dafür sprachen, dass die bei der Schneeblindheit und Ophthalmia electrica beobachteten Symptome an den vorderen Medien des Auges ihren Grund in einer directen Lichtreizung der Oberfläche des Sehorganes haben. Sowohl die Chemosis, wie auch die Injection hielten sich in der Regel auf den Theil der Conj. bulbi beschränkt, welcher der directen Einwirkung des Lichtes ausgesetzt gewesen war. Ebenso waren die Symptome an der Iris, die Missfärbung und die Pupillencontraction, unter im übrigen gleichen Verhältnissen um so stärker, ein je grösserer Theil des Gewebes dem Lichte blossgelegen hatte. Ganz ebenso, zeigten sich die Ulcerationen und die Trübung der Hornhaut vorzugsweise an dem Theile, der von den Strahlen getroffen worden war, gleichviel, ob die Versuche mit der Bogenlampe oder mit Sonnenlicht ausgeführt wurden.

Um indessen bestimmt entscheiden zu können, ob die Blendung der Netzhaut für das Entstehen der fraglichen Symptome irgend welche Bedeutung hat, wurden einige neue Versuche angestellt.

In dem Vorhergehenden hatte ich der Eigenheit bei den Kaninchen Erwähnung gethan, dass sie im Allgemeinen während des Verlaufes des Experimentes Geneigtheit zeigten, die Lichtquelle zu fixiren. Gewöhnlich lagen sie stundenlang vollständig unbeweglich, ununterbrochen in den intensiven Schein starrend. Auf diese Beobachtung wurde nun folgendes Experiment basirt.

A. Versuch XL—XLVI. Vor dem Versuchsthiere wurde ein Pappschirm aufgestellt, durch den ein rundes Loch mit einem Durchmesser von ungefähr 2 ^{mm} gebohrt war. Dieser Schirm wurde so fixirt, dass das Licht durch das Loch in die Pupille fiel und also die Netzhaut traf, während das übrige Auge sich im Schatten befand. Zu diesen Experimenten wurde nur elektrisches Licht benutzt; der Abstand von der Bogenlampe bis zum Auge des Kaninchens war 20 ^{cm}. Die Versuchszeit 4 Stunden.

B. Versuch XLVII—LV. Zur Controle wurde ein anderes Kaninchen in gleicher Entfernung von der Bogenlampe placirt. Eine grössere Nadel mit einem ungefähr 5 ^{mm} dicken Knopf wurde so fixirt, dass sich der Knopf der Nadel vor dem Auge des Kaninchens befand und die Pupille desselben vollständig beschattete, während der übrige Theil des Auges scharf von dem Lichte beleuchtet war.

Bei dem einen Versuche traf das Licht also die Netzhaut, während der ganze vordere Theil des Auges mit Ausnahme einer geringen Partie der Hornhaut geschützt war, bei dem anderen hinwiederum war das Licht gehindert, durch die Pupille in das Auge eindringen zu können, während der grössere Theil der vorderen Medien desselben seiner Einwirkung ausgesetzt war.

Ich bezeichne in dem Folgenden der Kürze wegen die beiden Versuchsreihen mit *A* und *B*.

Diese Versuche forderten eine beständige Aufmerksamkeit, denn bei der geringsten Bewegung der Lampe oder des Kaninchens fiel bei

A das Licht, bei *B* der Schatten auf die Iris, anstatt durch die Pupille auf die Netzhaut. Besonders war es schwer zu verhindern, dass das Licht durch das Loch im Schirme hin und wieder auf die Iris fiel. Dahingegen erwies es sich, Grund dessen, dass der Nadelknopf bedeutend grösser war als die Pupille, leicht, diese im Schatten zu halten.

Die 2 ersten Versuche führten auch nicht ganz zu dem beabsichtigten Ergebniss. Beim Experiment *A* war während eines Theiles der Versuchszeit in Folge fehlender Aufmerksamkeit das Licht auf die Iris, anstatt durch die Pupille auf die Netzhaut gefallen. Es zeigte sich auch am folgenden Tage nebst einer geringen Trübung des Centrums der Hornhaut eine deutliche Zusammenziehung der Iris und eine Andeutung von pericornealer Injection. Dagegen war keine Chemosis oder stärkere Injection in der Conj. oculi zu beobachten. Es trat hier also eine Wirkung auf die vorderen Medien des Auges auf, doch nicht grösser, als dass sie nicht in dem Umstand, dass während eines Theiles des Experimentes das Licht auf die Iris gefallen war, ihre Erklärung hätten finden können. Diese Erklärung erschien bei einem Vergleich des Ergebnisses dieser Versuche mit dem Ergebniss der Versuche mit dem Kaninchen *B*, wo alle die gewöhnlichen Symptome, wie locale Injection, Chemosis, Contraction der Pupille, Missfärbung der Iris, leichte diffuse Trübung der Hornhaut und Ulcerationen in einem sehr ausgeprägten Grade auftraten, ziemlich plausibel.

Die sechs hierauf folgenden Versuche gaben dagegen, was das Kaninchen *A* anbetrifft, ein negatives Resultat. Mit Ausnahme einer leichten Trübung und unbedeutenden Epithelabhebung an der Mitte der Hornhaut, welche von dem Lichte getroffen worden war, zeigte das Auge am Abend und am Tage darauf keine Reizung. Nur ein gelinder Thränenfluss liess sich noch beobachten. Im Uebrigen traten an dem der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt gewesenen Auge keine anderen Symptome auf als an dem Controlauge.

Beim Versuch *B* hinwiederum zeigten sich alle die gewöhnlichen Symptome, welche in der Regel ungefähr 3 Tage anhielten.

Das Ergebniss der Versuche zeigt deutlich, dass die Blendung für das Entstehen der Symptome an der Oberfläche des Auges keine directe Bedeutung hat, mit anderen Worten, dass die Symptome nicht als eine Reflexwirkung von der gereizten Netzhaut aufzufassen sind, sondern im Gegentheil als durch eine directe Reizung an den vorderen Theilen des Bulbus hervorgerufen betrachtet werden müssen.

Als voll bewiesen kann dieser Satz indessen nicht gelten. Czerny und Deutschmann haben dargethan, dass intensives Licht auf das

Gewebe der Retina zerstörend wirkt. Man könnte sich daher denken, dass bei meinen Versuchen das durch die Pupille eindringende Licht so stark auf den von ihm getroffenen Punkt der Netzhaut einwirkte, dass das Gewebe an dieser Stelle ganz und gar paralysirt wurde. In gewöhnlichen Fällen dringt aber Licht in das Auge nicht nur durch die Pupille, sondern auch zur Seite von ihr durch die vorderen Theile des ganzen Auges, besonders durch die Iris ein. Die Iris fängt zwar einen grossen Theil des Lichtes, welches sie trifft, auf und absorbirt es, doch aber nicht alles; ein Theil desselben dringt durch ihr Gewebe hindurch und erreicht solchergestalt die Retina. Es wäre nicht undenkbar, dass dieses zur Seite von der Pupille durch die Iris und die vorderen Medien filtrirte Licht, da es von einer so starken Lichtquelle wie einer Bogenlampe von 1200 Normalkerzen kam, die in einer Entfernung von nur 20 cm vom Auge placirt war, einen verhältnissmässig hohen Grad von Intensität erreichen konnte und also eine Blendung mit damit verbundenen reactionären Symptomen an den vorderen Medien des Auges hervorzurufen vermochte. Gegen diese Annahme, an sich selbst schon wenig wahrscheinlich, spricht indessen entschieden, dass der Effect an der Iris bei gewöhnlichen Kaninchen stärker war als bei Albinos (vgl. S. 286). Das Pigment im Gewebe vermehrt natürlicher Weise das Absorptionsvermögen und vermindert somit die Menge des Lichtes, welches die Netzhaut trifft. Beruhten die Symptome auf einer Reizung der Retina, so müsste natürlicher Weise die Wirkung bei einem Albino grösser sein, als bei einem gewöhnlichen Kaninchen. Aber gerade das Gegentheil traf bei den Versuchen ein. Uebrigens, wenn die Symptome an den vorderen Medien des Auges eine Reflexwirkung von der Netzhaut wären, so müssten sie unbedingt im Verhältniss zu den leuchtenden Strahlen stehen, welche die Netzhaut treffen. Wir werden jedoch im Folgenden sehen, dass dieses nicht der Fall ist.

3. Ueber die Art der Strahlen, welche eine Reizung der vorderen Medien des Auges hervorrufen.

Die Ansichten bezüglich der Art der Strahlen, welche die Symptome an den vorderen Theilen des Auges hervorrufen, sind sehr getheilt gewesen.

Nach der gewöhnlichen Auffassung, dass die Schneeblindheit in einer Blendung der Netzhaut ihren Grund habe, sollten es natürlicher Weise die leuchtenden Strahlen sein, welche diese Affection hervorrufen.

Eine andere Ansicht hat Schiess-Gemuseus dargestellt.[1] Er nimmt nämlich als eine Möglichkeit an, dass auch die chemischen Strahlen zum Effect beitragen.

Berlin[2] hinwiederum huldigt der Ansicht, dass die Wärmestrahlen die veranlassende Ursache seien, und führt als Stütze hierfür Folgendes an. Die strahlende Wärme des Sonnenlichtes wird in der Luft theils von suspendirtem Staub, theils von daselbst befindlichen Gasen, wie Kohlensäure und vor Allem Wasserdampf absorbirt. Aber die gegen die Insolation schützende Decke von Feuchtigkeit in der Luft nimmt an Mächtigkeit mit steigender Höhe über dem Meere und im allgemeinen auch vom Aequator gegen die Pole hin ab, weil der Gehalt der Luft an Wasserdampf mit ihrer Temperatur sinkt. Die in das Luftmeer hinaufragenden Bergspitzen, sowie auch die Polargegenden sind deshalb am wenigsten gegen die Insolation geschützt. Er führt eine ganze Menge von Beispielen von der Wirkung der Insolation auf entblösste Hautflächen theils aus anderer, theils aus eigener Erfahrung an. Während der schwedischen Expedition nach Grönland im Jahre 1883 z. B. litten die Theilnehmer sehr durch die Sonnenhitze. Die Haut im Gesicht und an den Ohren wurde roth, schwoll an und zeigte sich schmerzhaft, ganz wie bei einem Erysipelas. Hierzu gesellte sich Blasenbildung, Exsudation an der Hautoberfläche und Crustabildung. Die Affection war von einem intensiven, brennenden Schmerz in den angegriffenen Theilen begleitet.

Auf der Basis eines umfassenden Studiums der arktischen Litteratur hat Berlin über das Vorkommen der Schneeblindheit in den nördlichen Gegenden eine Karte entworfen. Diese Karte zeigt, dass die Grenze der Schneeblindheit einigermassen mit der Isotherme für —5° des Monats April zusammenfällt. In dieser Thatsache sieht Berlin einen ferneren Beweis für die Richtigkeit seiner Ansicht, dass das Leiden durch die strahlende Wärme verursacht wird. Südlicher würde die Temperatur der Luft milder, der Gehalt derselben an Feuchtigkeit grösser und die Insolation in Folge davon geringer sein. Das bemerkenswerthe Verhältniss, dass sich in der Litteratur kein Fall von Schneeblindheit aus Skandinavien, die norwegischen Gebirgsgegenden ausgenommen, mitgetheilt findet, erklärt er damit, dass „der Golfstrom das Herabgehen der Temperatur hindert und diese Gegenden mit einer gegen Insolation schützenden Hülle von feuchter Luft umgiebt“.

Unbestreitbar erscheint Berlin's Theorie beim ersten Anblick sehr ansprechend. Ein Jeder, der über Schnee und Eis im Sonnenschein

[1] Schiess-Gemuseus, a. a. O. S. 177.
[2] A. Berlin, a. a. O. S. 21—23.

wandert, hat dabei unbedingt eine subjective Empfindung von starker Wärme an den entblössten, der Sonne ausgesetzten Hautflächen.

Was die Ophthalmia electrica anbetrifft, so scheint man im Allgemeinen den ultrarothen Strahlen keine besondere Bedeutung für das Entstehen des Leidens zuerkennen zu wollen.[1] Der Grund hierzu dürfte theils in der relativen Armuth des elektrischen Lichtes an ultrarothen Strahlen, theils und besonders darin zu sehen sein, dass Augenaffectionen mehrere Male unter Verhältnissen beobachtet worden sind, wo die Einwirkung der strahlenden Wärme eine ganz geringe gewesen sein muss. In Defontaine's Fällen z. B. befanden sich die angegriffenen Personen 5—10^{m} von der Lichtquelle, d. h. in so weiter Entfernung von derselben, dass die strahlende Wärme nicht gefühlt werden konnte. Dennoch wurden Haut und Augen heftig angegriffen. Die Verschiedenheit in den Ansichten von der Ursache der Ophthalmia electrica gilt auch vorzugsweise den ultravioletten und den leuchtenden Strahlen.

Schon Foucault[2] soll in den ultravioletten Strahlen die Ursache der Augenaffection gesehen haben. Dieselbe Ansicht hat auch Charcot[3] ausgesprochen. Die Auffassung dieser Forscher wird von Nodier,[4] Sous[5] und Faucher,[5] sowie auch von Dor,[6] Bravais[6] und Leroy[6] getheilt. Emry Jones[7] hinwieder nimmt an, dass das Leiden vorzugsweise auf den leuchtenden Strahlen beruhe. In derselben Richtung spricht sich auch Defontaine[8] aus.

Nach Martin[9] findet sich dagegen kein positiver Beweis dafür, dass die Augenaffection von den chemischen Strahlen hervorgerufen wird. Im Gegentheil, es zeigen mehrere Versuche von Regnault, de Chardonnet und Gayet ihre Unschädlichkeit. Auf der anderen Seite seien Augenaffectionen unter Verhältnissen beobachtet worden, wo eine Einwirkung der chemischen Strahlen unbedeutend sein muss, nämlich, wenn das Licht von einer Glocke von gewöhnlichem Glase umgeben ist, welches die chemischen Strahlen besonders kräftig absorbirt.

---

[1] Doch sagt Rockliffe: „it would be interesting to know, wether these symptoms were due to the brilliancy or the radiant heat.“ L. c. p. 109.

[2] Nach Terrier.

[3] Charcot, *Comptes rendus de la Société de Biologie.* 1859. p. 63.

[4] Nodier, *Sur une ophthalomie causée par la lumière électrique.* p. 40.

[5] Nach Terrier.

[6] Dor, Bravais, Leroy, Société française d'ophthalmologie, sixième session. Ref. in *Archiv d'ophthalmologie.* 1888. VIII. Nr. 3. p. 264.

[7] Emry Jones, *Opth. Review.* 1883. p. 106.

[8] Nach Terrier.

[9] Martin, a. a. O. S. 17.

Er verneint übrigens die Einwirkung der chemischen Strahlen auf die Haut und die Bindehaut nicht. Die meisten Symptome bei Ophthalmia electrica deuten aber auf eine Hyperämie in der Chorioidea und der Retina hin, und zu diesen Häuten dringen die chemischen Strahlen nicht oder doch nur in einem sehr geringen Grade hervor, indem sie von den Medien des Auges (vorzugsweise der Hornhaut und der Linse) absorbirt werden.

Die einzige mögliche Annahme sei also, meint er, die, dass die leuchtenden Strahlen die wirksamen seien. Sofern die Quantität derselben die physiologischen Grenzen überschreitet, stelle sich eine Störung in den Functionen der Netzhaut ein. Consecutiv treten dann reactionäre Symptome in der Chorioidea, der Iris und der Conjunctiva auf.

Terrier[1] ist zwar der Ansicht, dass die Frage noch nicht vollständig gelöst sei und auch nur durch das directe Experiment endgültig erledigt werden könne.

Er scheint aber gleichwohl der Ansicht zuzuneigen, dass die leuchtenden Strahlen die vorzugsweise wirksamen seien.

a. Ueber die Einwirkung der leuchtenden Strahlen auf die vorderen Theile des Auges.

Bei den ersten Versuchen, die ich anstellte, um zu ermitteln, welche Wirkung die verschiedenen Strahlen auf die vorderen Medien des Auges ausüben, suchte ich das Licht mittelst eines Prismas zu zerlegen und die einzelnen Strahlenarten sodann auf das Auge des Versuchsthieres zu concentriren. Diese Methode hatte jedoch ziemlich grosse Ungelegenheiten. Es giebt bekanntlich keinen Stoff, der für diese drei Arten von Strahlen im Spectrum in gleichem Grade durchdringlich wäre. Glas, das so durchsichtig ist, zeigt sich wenig diatherman; und noch weniger ist es für die ultravioletten Strahlen durchdringlich.

Es ist deshalb nothwendig, für die ultrarothen Strahlen eine Linse und ein Prisma von Bergsalz und für die ultravioletten von Bergkrystall zu benutzen.

Um ein reines Spectrum zu erhalten, ist es nothwendig, das Licht durch einen schmalen Spalt gehen zu lassen, wodurch die Quantität der angewendeten Strahlen beschränkt wird. Ferner verliert man einen nicht so geringen Theil des Lichtes durch Reflexion: zuerst an der Linse, mit der man die Strahlen gegen das Prisma concentrirt, sodann

---

[1] Terrier, Pathogénie de l'ophtalmie électrique. *Ann. d'oculistique.* 1880. p. 31.

an dem Prisma und schliesslich an der Linse, mit welcher man die Strahlen gegen das Auge sammelt. Hierzu kommt noch die Schwierigkeit, bei den dunklen Strahlen — den ultrarothen und ultravioletten — controliren zu können, ob das Auge des Versuchsthieres sich im Focus der Strahlen befindet oder nicht. Nach einer Menge von Versuchen mit dem durch das Prisma zerlegten Lichte der elektrischen Lampe, welche Versuche alle negativ ausfielen, übergab ich bis auf Weiteres diese Methode, mit der Absicht, mich ihrer später für das Sonnenlicht zu bedienen. Anstatt auf obige Weise suchte ich nun die Strahlen mittelst sogenannten Siebens zu trennen.

Die ultravioletten Strahlen werden besonders stark von gewöhnlichem Glas absorbirt, das gleichzeitig wenig diatherman ist. Wasser hat ein bedeutendes Vermögen, strahlende Wärme zu absorbiren. Um die leuchtenden Strahlen von den übrigen zu trennen, liess ich deshalb das Licht durch ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss gehen. Um noch mehr ultrarothe und ultraviolette Strahlen zurückhalten zu können, versetzte ich das Wasser mit Alaun bis zur Sättigung.[1]

Versuch LVI. Bei dem ersten Versuche hatte das Licht eine viereckige, mit Alaunlösung gefüllte Glasflasche zu passiren. Der Abstand zwischen den beiden parallelen Wänden, durch welche das Licht passirte, war 3 ^{cm}, die Entfernung zwischen der Flasche und der Flamme 15 ^{cm} und die Entfernung zwischen dem Versuchsthier und der Flamme 20 ^{cm}.

Der Versuch wurde nach 2 Stunden abgebrochen, weil die Alaunlösung durch Absorption strahlender Wärme in ein so lebhaftes Kochen gerieth, dass die Flasche sprang. Das Auge verblieb ohne Reizung.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein besonders construirtes Glasgefäss benutzt, von dessen parallelen Seitenwänden zwei 4—5 ^{mm} dick waren und einen Raum von 0·7 ^{cm} zwischen sich liessen. Das Gefäss, welches oben vollständig offen war, wurde mit concentrirter Alaunlösung gefüllt. Mittelst eines Hebers wurde unaufhörlich kalte Lösung zugeführt. Auf diese Weise wurde verhindert, dass der Inhalt des Gefässes sich erhitzte. Für die Messung der von der Lampe ausstrahlenden Wärme wurde ein besonderer Thermometer construirt.

In eine cylinderförmige Blechbüchse wurde an den beiden Bodenflächen ein Loch gebohrt, das eine für das einfallende Licht, das andere für das Auge des Beobachters bestimmt. Auch an der Seitenfläche

---

[1] Alaun ist bekanntlich ein wenig diathermaner Stoff. Derselbe resorbirt bis zu einem gewissen Grade auch ultraviolette Strahlen, was aus einer Abhandlung von H. Hertz: Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung; Wiedemann, *Annal. d. Physik und Chemie.* 1887. S. 983 hervorgeht.

wurde ein Loch gemacht und durch dieses dann ein Thermometer eingeführt. Das Thermometer wurde so fixirt, dass die Kugel sich in gleicher Höhe mit den beiden Seitenlöchern befand. Die ganze innere Fläche der Büchse und auch die Thermometerkugel wurden mit Russ überzogen. Wenn der Apparat benutzt werden sollte, wurde er so eingestellt, dass das Licht durch das Loch an der einen Bodenfläche auf das Thermometer fiel, was man leicht durch einen Blick durch das andere Loch controliren konnte. Darauf wurde das letztere Loch mit einem berussten Pfropfen geschlossen. Die Wärme, welche die Lichtquelle aussandte, wurde sodann auf die Weise gemessen, dass das Thermometer erst bis zu 26° C.[1] steigen durfte. Hiernach wurde beobachtet, wie hoch dieselbe in noch einer Minute stieg.[1]

Versuch LVII—LXIV. Die strahlende Wärme wurde in einer Entfernung von 20 cm von der Lampe gemessen. In einer Minute stieg das Thermometer von 26 auf 28°. Hierauf wurde das mit Alaunlösung gefüllte Glasgefäss zwischen das Thermometer und die Lichtquelle in einer Entfernung von 15 cm von der letztgenannten geschoben. Es zeigte sich dann, dass das durch das Gefäss filtrirte Licht das Thermometer langsam bis auf 26°, aber nicht darüber erhöhen konnte. Nun wurde das Thermometer fortgenommen und das Kaninchen an seinen Platz so placirt, dass das Auge von dem filtrirten Licht in einem Abstand von 20 cm von der Lichtquelle getroffen wurde. Der Versuch wurde vier Stunden fortgesetzt; am Ende desselben fand sich am Versuchsauge keine grössere Reizung als am Controlauge. Drei Stunden nachher waren beide Augen frei von Reizung.

Ein anderer Versuch, welcher bis auf fünf Stunden ausgedehnt wurde, gab ebenfalls ein negatives Resultat. Die Entfernung zwischen der Lichtquelle und dem Auge des Kaninchens wurde nun auf 15 cm verkürzt, aber sechs mit diesem Abstand auf $4^1/_2$—5 Stunden ausgedehnte Versuche gaben ein negatives Resultat.

Unter der Annahme eines durch die Reflexion verursachten Verlustes von ungefähr 10 % war die Intensität der leuchtenden Strahlen, zumal bei den letztgenannten Versuchen, viel grösser als bei den vorhergehenden. Denn da die Intensität der Strahlen sich zu dem Quadrat des Abstandes umgekehrt verhält, so muss bei diesen Versuchen die Quantität der leuchtenden Strahlen — nach Abzug von 10 % für die Reflexion — $2^1/_2$ mal grösser sein als bei den vorhergehenden, bei einem Abstande von 25 cm von der Lichtquelle ausgeführten.

Die Form des Kaninchenbrettes und des Wassergefässes gestatteten es bei der gewöhnlichen Versuchsanordnung nicht, das Kaninchen der Lichtquelle noch mehr zu nähern und solchergestalt die Intensität der

---

[1] Die Versuche wurden bei einer Temperatur der umgebenden Luft von 19—20° ausgeführt. Auch die übrigen Messungen, welche weiter unten mitgetheilt werden, sind bei derselben Temperatur ausgeführt.

leuchtenden Strahlen, welche das Kaninchenauge treffen, zu verstärken. Ich construirte deshalb folgenden Apparat (siehe die Abbildung).

Eine kupferne Röhre, *A B*, wurde zu einem Ring zusammengebogen. Die Enden der Röhre waren zurückgebogen, sodass sie zwei mit den Spitzen gegen einander gekehrte Winkel bildeten.

Zwischen die Spitzen wurde nun eine kurze kupferne Röhre *C* in der Weise eingelöthet, dass die Längsachse derselben in der Richtung



des Radius des Ringes lag. Sodann wurde auf beiden Seiten des Ringes ein Uhrglas festgekittet. Solcherweise wurde eine hohle Glaslinse erhalten. Durch die kurze Röhre wurde nun die Linse mit Alaunlösung gefüllt und sodann die Focaldistanz derselben bestimmt und zu 7·5 ^{cm} befunden. Die beiden Enden der langen Röhre wurden hierauf mit zwei Guttaperchaschläuchen verbunden. Der eine dieser Schläuche wurde mit einem Heber in Verbindung gesetzt, der von einem grösseren Glasbecher einen ständigen Strom von kaltem Wasser zuführte, welches Wasser sodann durch den anderen Schlauch (*B*) wieder abfloss. Auf diese Weise konnte die Flüssigkeit in der Linse kühl gehalten werden. — Jetzt wurde die Linse in dem Abstand der Focaldistanz von der Lichtquelle placirt. Die Intensität der parallelen Strahlen, welche durch die Linse gegangen waren, wurde auf die Weise gemessen, dass die Strahlen auf einem weissen Schirm aufgefangen und mit divergentem Lichte, das an der Linse vorbei direct auf den Schirm fiel, verglichen wurden. Es zeigte sich dann, dass die Strahlen schon in einem Abstand von $2^1/_2$ ^{cm} von der Linse (ungefähr 10 ^{cm} von der Lampe) das directe Licht an Leuchtkraft übertrafen. Gemäss dem Gesetze für die Abnahme des Lichtes mit dem Quadrat des Abstandes sollte also die Intensität der leuchtenden

Strahlen an dieser Stelle mehr als sechs Mal so gross sein als in dem gewöhnlichen Versuchsabstand von 25 cm ($10 \times 10 = 100$, $25 \times 25 = 625$). Da ferner die Strahlen, welche durch die Linse hindurchgegangen, nahezu parallel waren,[1] so muss die Intensität in einem Abstand von noch einigen Centimetern ungefähr dieselbe sein.

Versuch LXV—LXXI. Das Kaninchen wurde nun so placirt, dass sein eines Auge sich im Kegel dieses intensiven Lichtbündels in einem Abstand von 8 cm von der Linse befand. Der Versuch wurde fünf Stunden fortgesetzt, bei Schluss desselben aber war das Versuchsauge nicht mehr gereizt als das Controlauge; vier Stunden später waren beide Augen reizungslos, und dieses waren sie auch am folgenden Tage. Fernere fünf ähnliche Experimente wurden mit einer zwischen vier und fünf Stunden wechselnden Versuchszeit angestellt. Nur in zwei Fällen konnte ich eine schwache Zusammenziehung der Iris wahrnehmen. Dieselbe war jedoch so unbedeutend, dass sie sich bei gewöhnlicher Beleuchtung nicht nachweisen liess. Im Halbdunkel aber zeigte es sich deutlich, dass die Pupille des Versuchsauges noch vier Stunden nach Abschluss des Versuches etwas enger als die des anderen Auges war. Bei zwei folgenden Versuchen wurden die filtrirten Strahlen auf das Auge des Versuchsthieres concentrirt.

Versuch LXXII—LXXIII. Die mit Alaunlösung gefüllte Linse wurde in einem Abstand von 15 cm (doppelte Focaldistanz) von der Lichtquelle placirt. Das Kaninchen wurde so placirt, dass der Focus der gebrochenen Strahlen das Auge traf. Die Versuchszeit war $4^1/_2$ Stunde. Bei dem einen Versuch zeigte das Auge bei Schluss des Experimentes keine anderen Veränderungen als das Controlauge, bei dem anderen dagegen wurde eine geringe, nur bei schwacher Beleuchtung merkbare Zusammenziehung der Pupille beobachtet, welche mehrere Stunden andauerte, am folgenden Tage aber verschwunden war.

Es zeigte sich also, dass die leuchtenden Strahlen, selbst wenn ihre Stärke sechs Mal so gross war wie in der Versuchsreihe XVII—XXXIX, wo stets ein positives Resultat erhalten wurde, an den vorderen Medien des Auges entweder gar keine, oder auch nur eine ganz unbedeutende, in einer leicht übersehenen Verengung der Pupille bestehende Wirkung hervorriefen. Selbst wenn die Strahlen gegen das Auge concentrirt wurden, zeigte sich entweder gar keine Wirkung, oder auch nur eine unbedeutende Contraction der Pupille. Und gleichwohl schliesst die Versuchsanordnung die Möglichkeit nicht aus, dass dieses Symptom von einem Theil der ultrarothen oder ultravioletten Strahlen hervorgerufen war, welche, trotz der Filtrirung durch Glas und Alaunlösung, mit den durchgelassenen leuchtenden Strahlen mitgefolgt waren.

Gestützt auf diese Versuche ist es leicht, die negativen Resultate der Versuche I—III zu erklären. Der reflectirende Spiegel bestand aus

---

[1] Weil der Abstand der Linse von der Lichtquelle mit der Focaldistanz zusammenfiel. Völlig parallel waren sie indessen nicht, theils auf Grund der sphärischen Aberration, theils weil die Lichtquelle keinen Punkt bildete, sondern eine gewisse Ausdehnung hatte.

einer an der Rückseite amalgamirten Glasscheibe. Nur ein geringer Theil des Sonnenlichtes traf deshalb in unverändertem Zustande das Auge des Versuchsthieres, nämlich derjenige, welcher von der Fläche des Spiegels reflectirt wurde. All' das übrige Licht war selbstverständlich auf seinem Wege durch das Glas bis zur hinteren amalgamirten Fläche desselben und wieder zurück zur vorderen verändert worden.

Der Verlust an leuchtenden Strahlen konnte selbstredend nur höchst unbedeutend sein, um so viel grösser aber war er an ultrarothen und ultravioletten. Man konnte auch mit dem Thermometer in dem reflectirten Licht eine nicht unbedeutend niedrigere Temperatur nachweisen (vgl. S. 281). In Betreff des Verlustes an ultravioletten Strahlen ist zwar keine Untersuchung angestellt worden, doch dürfte derselbe auf Grund des bekannten Vermögens des Glases, Strahlen von kurzer Wellenlänge kräftig zu resorbiren, als sehr gross bezeichnet werden können.

Auch die Versuche I—III zeigen also, dass die leuchtenden Strahlen nur wenig auf die vorderen Medien des Auges einwirken und die Ursache zu den Symptomen, welche dort bei der Reizung des Sehorgans durch starkes Sonnenlicht auftreten, mithin in erster Reihe in den ultrarothen oder ultravioletten Strahlen zu suchen ist.

Indessen war bei den Versuchen LXV—LXXIII das eine oder andere Mal eine unzweifelhafte, obschon nur geringe Contraction der Pupille beobachtet worden. Um nun zu entscheiden, ob diese Wirkung von den leuchtenden oder möglicher Weise den ultrarothen oder ultravioletten Strahlen herrührte, welche vollständig abzufiltriren nicht gelang, wurden, sobald ich einen selbstregistrirenden Heliostat erhalten hatte, einige Versuche mit reinen Spectralfarben angestellt. Die Anzahl dieser Versuche ist jedoch eine geringe, indem das Wetter im Spätsommer für Versuche mit Sonnenlicht gar zu ungünstig war und viele der angestellten Versuche abgebrochen werden mussten, weil der Himmel sich mit Wolken überdeckte. Nur die hier folgenden drei konnten so lange fortgesetzt werden, dass es möglich ist, aus ihnen einige Schlüsse mit einiger Sicherheit zu ziehen.

Versuch LXXIV—LXXVIII. Ein Bündel durch einen Heliostat reflectirten Sonnenlichtes wurde mit einem Glasprima zerlegt. Das rothe und das violette Licht wurde in einem passenden Abstande mit einer Convexlinse aufgefangen und nach je einem Kaninchenauge dirigirt. Die Versuchszeit war vier Stunden. Während dieser ganzen Zeit zeigte keines der Augen eine stärkere Reizung als das entsprechende Controlauge. Ebensowenig liess sich am Ende des Versuches, zwei oder vier Stunden darnach oder am Tage darauf etwas Abnormes beobachten. Nur bei einem der Kaninchen, welche dem rothen Lichte ausgesetzt gewesen waren, zeigte sich noch vier Stunden nach Schluss des Ver-

suches, doch nur im Halbdunkel, eine deutliche Verengung der Pupille des Versuchsauges. Am Tage darauf war auch sie verschwunden.

Hieraus geht also hervor, dass die leuchtenden Strahlen keinen nennenswerthen Einfluss auf die vorderen Medien des Auges ausüben. Nur ausnahmsweise verursachen sie eine gelinde Reizung der Iris, welche sich in einer unbedeutenden Zusammenziehung der Pupille äussert.

Dieser Schluss gilt selbstverständlich nur von der Lichtstärke, die bei den Versuchen angewendet worden ist. Die Möglichkeit eines stärkeren Effectes mit einem intensiveren Lichte lässt sich natürlicher Weise nicht ausschliessen.

Dass die leuchtenden Strahlen keine Reizung der Horn- und der Bindehaut verursachen, ist leicht durch die Durchsichtigkeit dieser Medien erklärt. Mehr unerwartet ist die geringe Reizung, welche die leuchtenden Strahlen auf die Iris ausüben. Das Gewebe der Iris absorbirt ja doch einen bedeutenden Theil des Lichtes, welches dieselbe trifft. Die Menge lebender Kraft, welche solchergestalt der Iris zugeführt wird, sollte doch, so dünkt es, einige Reizungssymptome an dieser Haut hervorrufen. Dass solche gleichwohl ausblieben, hat wahrscheinlich seinen Grund in der lebhaften Blutcirculation in diesem gefässreichen Organ. Namentlich dürfte diese Circulation einer durch die Absorption von Strahlen hervorgerufenen Wärmeproduction das Gegengewicht halten können.

In dem Obigen habe ich nachzuweisen versucht, dass die Einwirkung des Lichtes auf die vorderen Medien des Auges nicht als ein Reflex von der Netzhaut aufzufassen ist. Ich liess jedoch bis auf Weiteres eine Einwendung nicht vollständig widerlegt, nämlich die, dass die durch die Iris filtrirten leuchtenden Strahlen an der Netzhaut eine Blendung und damit verbundene reactionäre Symptome an der Oberfläche des Auges hervorrufen. Diese Annahme zeigt sich jedoch in Anbetracht der Ergebnisse der Versuche LXV—LXXIII gänzlich grundlos.

Bei diesen Versuchen mussten, gleichwie bei den Versuchen I—III mit directem Sonnenlicht, selbstredend die durch die Iris filtrirten leuchtenden Strahlen die Netzhaut treffen. Einige ausgeprägte Symptome aber traten dabei an der Oberfläche des Auges nicht auf.

b. Die Einwirkung der ultrarothen Strahlen auf die vorderen Medien des Auges.

Ein für ultrarothe Strahlen besonders durchlässiger Stoff ist bekanntlich das Bergsalz. Nach Meloni lässt eine 2·2 mm dicke Scheibe von Bergsalz 92·3 % Wärme hindurch. Um die ultravioletten und den grösseren Theil der leuchtenden Strahlen abzusondern, wurde eine Bergsalzlinse mit einer Brennweite von 14 cm an der einen Seite über der Flamme einer Stearinkerze so stark berusst, dass bei gewöhnlicher Beleuchtung Gegenstände im Allgemeinen durch sie nicht gesehen werden konnten, dahingegen aber der Schein einer Kerzenflamme sich durch sie sehr deutlich unterscheiden liess.

Versuch LXXIX. Die Linse wurde in einem Abstande von 32 cm von dem elektrischen Lichte fixirt. Die Strahlen wurden auf das Auge des Kaninchens in der Weise fallen gelassen, dass ihnen theils von der Hornhaut, theils von der Conj. oculi ein ungefähr 1 cm breites Gebiet an der oberen Cornealgrenze ausgesetzt war. Am Ende des Versuches nach vier Stunden zeigte sich eine geringe locale Injection in dem den Strahlen ausgesetzten Theil der Conj. oculi und zwei punktförmige Epithelabhebungen am oberen Rande der Hornhaut. Drei Stunden später war das Auge reizungsfrei und am Tage darauf vollständig normal.

Versuch LXXX. Die Linse wurde in einem Abstande von 22 cm von der Lichtquelle fixirt. Die Versuchszeit war vier Stunden. Nach einer Stunde war das Versuchsauge an der dem Lichte ausgesetzten Stelle sichtlich mehr injicirt als das Controlauge. Bei Schluss des Versuches trat der Unterschied noch auffallender hervor, sowohl was die Injection, wie auch die Chemosis und die Schleimabsonderung anbetrifft.[1] Am Rande der Hornhaut fand sich ein kleiner Epithelialverlust. Drei Stunden später fortfahrend merkbare Injection am Versuchsauge.

Am Tage darauf alle Symptome verschwunden. Eine etwas erhöhte Reizbarkeit, dadurch zu Tage tretend, dass die Conj. oculi leichter injicirt wird, wenn das Augenlid einige Minuten emporgehoben ist, so dass die Sclera blossliegt, ist jedoch am Versuchsauge noch vorhanden.

Versuch LXXXI—LXXXVIII. Die Linse wurde in einem Abstand von 20 cm von der Lichtquelle fixirt. Die Versuchszeit wechselte zwischen vier bis fünf Stunden. Das Kaninchen wurde so placirt, dass beinahe das ganze Auge den Strahlen ausgesetzt war, welche in diesem Abstande einen Kreis mit einem Diameter von 2 cm bildeten. Da der Diameter der Linse 4 cm war, wurden also die Strahlen, welche durch die Linse gegangen waren, auf eine vier Mal kleinere Fläche concentrirt. Bei allen acht Versuchen zeigte sich schon nach einer Stunde in der Conj. oculi des Versuchsauges eine sichtlich stärkere Injection als in der des Controlauges. Bei Schluss des Versuches war der Unterschied oft ziemlich in die Augen fallend; nicht nur die Injection, sondern auch die Chemosis war

[1] Diese Versuche wurden im Hochsommer ausgeführt, wo die durch Aufbinden des Augenlides hervorgerufene Reizung sich verhältnissmässig stark zeigte (vgl. S. 283).

mehr ausgeprägt, und oft kam an dem Versuchsauge auch eine grössere Zahl von kleinen Epithelialverlusten vor als an dem Controlauge. Die Symptome nahmen jedoch sehr schnell ab, so dass die Injection und die Schwellung schon vier Stunden nach Schluss des Versuches verschwunden waren. Am darauffolgenden Tage waren auch die Ulcerationen geheilt, und das Auge zeigte nur die bei Versuch LXXX erwähnte Geneigtheit zur Injection bei Aufhebung des oberen Augenlides für einige Minuten. In einem Falle hielt sich gleichwohl eine unbedeutende Hornhautulceration bis zum folgenden Tage. Dazu wurde in diesem Falle eine zwar gelinde, aber doch deutliche Contraction der Pupille beobachtet, welche jedoch am dritten Tage verschwunden war.

Es zeigte sich also, dass die strahlende Wärme zwar eine Reizung im Kaninchenauge hervorruft. Diese Reizung aber war, im Vergleich mit der bei den früheren Versuchen mit dem ganzen Licht hervorgerufenen, höchst unbedeutend und schnell übergehend.

Um für die Beurtheilung dieser Wirkung einen bestimmten Anhaltspunkt zu bekommen, war es selbstverständlich von Gewicht, die Menge der strahlenden Wärme zu messen, welche die berusste Bergsalzlinse durchliess. Hierzu eignete sich indessen nicht das voraus beschriebene Thermometer, weil es zufolge der geringen Menge der leuchtenden Strahlen und der Convergenz derselben äusserst schwer fiel zu entscheiden, inwiefern das Thermometer sich zur Strahlung in genau demselben Verhältniss befand wie das Auge des Versuchsthieres während des Versuches. Es wurde deshalb für die Filtration des Lichtes eine andere Methode erwählt, nämlich die, das Licht durch eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gehen zu lassen.

Hierfür wurde ein besonderer kleiner Apparat nach demselben Princip wie die voraus beschriebene hohle Glaslinse construirt. Die Röhre, durch welche die Flüssigkeit circulirte, wurde jedoch viereckig hergestellt und anstatt der Uhrgläser an den Seiten derselben zwei parallele Scheiben von dünnem Deckglas angebracht. Der Abstand zwischen den beiden Deckgläsern war 1 ^{cm}. Das auf diese Weise hergestellte Gefäss wurde mit Schwefelkohlenstoff gefüllt, in dem so viel Jod aufgelöst war, dass bei gewöhnlichem Tageslicht Gegenstände durch die Flüssigkeit gerade noch gesehen werden konnten, das elektrische Licht aber durch sie mit deutlicher violetter Farbe hindurchschien. Die Jodlösung wurde so schwach genommen, theils um die Controle, dass das Auge des Versuchsthieres den durchgelassenen Wärmestrahlen ausgesetzt war, theils um die Messung der Wärme mit dem oben beschriebenen Thermometer zu erleichtern. Die durch die Jodlösung filtrirten Strahlen erhöhten die Temperatur in einem Abstande von 20 ^{cm} in einer Minute von 26—27·2^{0} oder ebenso viel wie in einem Abstand von 25 ^{cm}, wo das Thermometer von dem ganzen Licht der

Lampe getroffen wurde. In einem Abstand von 15 cm stieg das Thermometer, wenn das Schwefelkohlenstoffgefäss zwischen dasselbe und das Licht in einem Abstand von 11 cm von dem letzteren eingeschoben wurde, in einer Minute von 26° auf 28°. Die Intensität der durch die Jodschwefelkohlenstofflösung filtrirten Wärme erreichte also in einem Abstand von 15 cm einen nicht unbedeutend höheren Grad (26—28°) als die des ganzen Lichtes in dem gewöhnlichen Versuchsabstand von 25 cm (26—27·2°). Die dunkle Strahlung muss also in dem erstgenannten Fall verhältnissmässig noch bedeutender gewesen sein, als die Zahlen angeben, denn auch die leuchtenden Strahlen erzeugen eine Temperatursteigerung, diese Strahlen waren aber in diesem Fall zum grössten Theil abfiltrirt.

Versuch LXXXIX—XCVI. Das Auge des Versuchsthieres befand sich in einem Abstand von 15 cm von der Liehtquelle placirt. Das Gefäss mit der Jodschwefelkohlenstofflösung wurde in einem Abstand von 11 cm von der Liehtquelle eingeschoben. Die Zeit war bei einem Versuche drei, bei einem anderen vier, bei den fünf übrigen $4^1/_2$ Stunde. In drei Fällen waren die Symptome am Ende der Versuchszeit an dem ausgesetzten Auge auch nicht im geringsten stärker als an dem Controlauge. Sie gingen auch an beiden Augen, welche schon an demselben Abend reizungslos waren und es auch am folgenden Tage verblieben, gleieh schnell zurück. In dem vierten Fall kamen oberflächliche Uleerationen an dem Versuchsauge in etwas grösserer Menge als am Controlauge vor. Doch war dieser Unterschied am darauffolgenden Tage ausgeglichen und das Auge reizungslos. In dem fünften Fall war die Reizung am Versuchstage an beiden Augen gleich, am darauffolgenden Tage aber zeigten sich am Versuchsauge an der den Strahlen ausgesetzt gewesenen Stelle der Conj. oculi Spuren einer Injection. In dem sechsten und siebenten Fall zeigten sich am Tage darauf noch einige unbedeutende Ulcerationen am Versuchsauge; eines dieser Augen zeigte ausserdem eine gelinde Zusammenziehung der Pupille und Spuren einer Pericornealinjection. Die Symptome waren jedoch äusserst unbedeutend und nur bei genauerer Untersuchung erkennbar, auch verschwanden sie noch im Laufe des Tages.

Die strahlende Wärme rief also bei diesen Versuchen entweder gar keine oder nur eine äusserst geringe Wirkung hervor. Wenn eine Reizung auftrat, war sie am stärksten am Ende des Versuches ausgeprägt und nahm dann sehr schnell ab, um gewöhnlich nach einigen Stunden ganz zu verschwinden. Die bemerkenswerthesten Symptome waren die in einem Fall beobachtete, äusserst gelinde Pericornealinjection und unbedeutende Pupillencontraction. Inwiefern diese Symptome als eine directe Irisreizung oder als eine Complication zu den oberflächlichen Ulcerationen an der Hornhaut aufzufassen sind, dürfte schwer zu entscheiden sein. Auf alle Fälle waren sie im Vergleich zu denjenigen, welche vorkommen, wenn das Auge dem ganzen Licht der elektrischen Lampe ausgesetzt ist, äusserst unbedeutend. Gleichwohl war die Intensität der

strahlenden Wärme bei den Versuchen LXXXIX—XCVI nicht wenig grösser, als gewöhnlich. Hiernach zu urtheilen, würden die ultrarothen Strahlen bei der Hervorrufung einer Lichtreizung an den vorderen Medien des Auges also nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Von einem gewissen Gesichtspunkt aus gesehen, würde man haben erwarten können, dass die ultrarothen Strahlen eine stärkere Reizung an den vorderen Medien des Auges erzeugen, nämlich von dem Gesichtspunkt des Vermögens dieser Medien, strahlende Wärme besonders kräftig zu absorbiren. Janssen[1] hat gezeigt, dass die Hornhaut beim Ochsen 49.8 $^0/_0$, beim Schafe 56·9 $^0/_0$ und beim Schweine 57·5 $^0/_0$ der Wärme von einer Moderateurlampe resorbirt. Zu ähnlichen Ergebnissen sind Cima,[2] Franz,[2] Engelmann[2] und Klug[3] gekommen. Auch die Bindehaut scheint das Vermögen zu besitzen, strahlende Wärme kräftig zu absorbiren. Aus Versuchen, welche ich mit einem von K. Angström construirten Spectrobolometer ausführte, ging nämlich hervor, dass dies Gewebe 9 $^0/_0$ aller Wärme der Lichtquelle (eine Gasflamme) und nur 3 $^0/_0$ der dunklen Wärme durchliess.[4]

Man konnte erwarten, dass eine so lebhafte Absorption von Wärme in dem absorbirenden Medium bedeutende Veränderungen hervorrufen würde. Dass dieses nicht geschah, dürfte zum Theil durch den Stoff bedingt sein, auf welchem die Wärmeabsorption beruht. Janssen's Untersuchungen haben dargethan, dass es das Wasser in den durchsichtigen Medien des Auges ist, von dem die Wärme absorbirt wird.[5] Auch das Vermögen der Bindehaut, Wärme zu absorbiren, dürfte zum grossen Theil auf ihrem Wassergehalt beruhen. Der erste Versuch, den

---

[1] Janssen, Mémoire sur l'absorption de la chaleur rayonnante obscur dans les milieux de l'oeil. (*Annales de chimie et de physique.* 1860. Ser. 3. t. LX.

[2] Nach Helmholtz, *Handbuch der Phys. Optik.* Zweite Auflage. 1887. S. 283.

[3] Klug, Untersuchungen über die Diathermansie der Augenmedien. *Arch. f. Physiologie.* 1878. II. S. 246.

[4] Einen eingehenderen Bericht über diese Untersuchungen betrachte ich als hier nicht am Platze. Ebenso übergehe ich die Beschreibung des Instrumentes und verweise den dafür interessirten Leser auf *Upsala Universit. årsskrift.* 1885. *Wied. Ann.* Bd. XXVI. S. 253. *Bih. till Kungl. Vet. Akad. handl.* 1887. Bd. XIII.

[5] Nach Klug's Untersuchungen ist die Diathermansie der Augenmedien, wenigstens die der Linse und der Hornhaut, geringer als die einer gleich dicken Wasserschicht. Dieses dürfte jedoch kaum die Richtigkeit des obigen Raisonnements verringern.

ich mit dem Spectrobolometer über die Permeabilität der Bindehaut für ultrarothe Strahlen anstellte, ergab nämlich im Mittel 3 %. Aber als der Versuch nach einer Viertelstunde erneuert wurde, gab er 6·2 % und nach noch einer Viertelstunde 12 %. Nachdem das Gewebe eine halbe Stunde der Abdünstung ausgesetzt gewesen, war also die Diathermansie 4 Mal grösser als am Anfange. Dahingegen zeigte ein anderer Theil derselben Bindehaut, welcher vor Abdünstung geschützt worden war, nach $^3/_4$ Stunden keine Veränderung in der Diathermansie. Wenn nun, wie man aus diesen Gründen zu vermuthen berechtigt ist, das Vermögen der Medien, Wärme zu absorbiren, zum grossen Theil auf ihrem Wassergehalt beruht, so erklärt dieses zum Theil die geringe Wirkung der ultrarothen Strahlen. Die Säfte des Gewebes befinden sich während des Lebens in einer beständigen Strömung. Die absorbirte Wärme wird also unaufhörlich durch die Circulation entfernt.

In einem nicht geringen Grade dürfte auch die Thränenflüssigkeit dazu beitragen, dem Effect entgegenzuwirken, der sonst durch die Absorption von Wärme entstehen würde. Die Thränenflüssigkeit nimmt theils eine Menge Wärme mechanisch auf und leitet sie ab, theils bindet sie dieselbe durch Verdünstung. Ganz gewiss spielt sie auf diese Weise eine wichtige Rolle bei der Regulirung der Temperatur in den oberflächlichen Medien des Auges innerhalb Grenzen, die bei meinen Versuchen in keinem nennenswerthen Grade überschritten worden sind.[1]

Auch die klinische Erfahrung zeigt, dass die ultrarothen Strahlen die äusseren Medien des Auges nur wenig reizen. Es giebt eine Menge von Personen, z. B. Maschinisten, Hochofenarbeiter u. a., welche sich der strahlenden Wärme täglich aussetzen. Auch Personen, welche in der Nähe von Gasflammen arbeiten, setzen sich einer nicht gar so geringen Intensität von strahlender Wärme aus. Die Wirkung hiervon bleibt zwar nicht ganz aus, doch beschränkt sie sich auf eine Hyperämie der Bindehaut. Heftigere Reizungssymptome, der Schneeblindheit und Ophthalmia electrica ähnelnd, treten dahingegen nicht auf.

Janssen[2] hat eine in derselben Richtung gehende Angabe mitgetheilt. Er erwähnt nämlich, dass er bei Ausstichen aus Hochöfen beobachtet habe, wie die Strahlen von dem Metallbade, so intensiv und schmerzhaft für das Angesicht sie auch sind, die Augen nicht angreifen,

[1] Es ist indessen höchst annehmbar, dass, wenn das Auge einer intensiveren Wärmestrahlung ausgesetzt worden wäre, auch die Wirkung stärker gewesen sein würde. Einige Versuche, welche ich in dieser Richtung anstellte, misslangen jedoch, weil die Deckgläser, als der Filtrationsapparat der Lichtquelle mehr genähert wurde, zersprangen und der Schwefelkohlenstoff Feuer fing.

[2] Janssen, a. a. O. S. 72.

sodass man den verschiedenen Phasen dieser Operation ohne Mühe (sans fatigue) folgen kann, sofern man nur die Vorsicht beobachtet, das Gesicht mit einer Maske zu schützen, welche die Augen freilässt.

In Betreff der Einwirkung der strahlenden Wärme auf das Auge hat übrigens Meyhöfer[1] höchst interessante Beobachtungen gemacht. Er bekam in einer kurzen Zeit vier junge Glasbläser in Behandlung, welche alle an linksseitigem Staar litten (bei zweien zeigte sich auch beginnender Katarakt am rechten Auge). Er vermuthete, dass der juvenile Staar bei diesen vier Personen in einer Eigenthümlichkeit in der Beschäftigung derselben seinen Grund hatte, und unternahm deshalb eine Reise nach mehreren Glashütten. Er fand seine Vermuthung bestätigt. Die Arbeiter an den Glashütten waren 40 bis 45 Wochen lang 12 Stunden täglich ausschliesslich mit der Behandlung der glühenden Glasmasse in unmittelbarer Nähe der riesigen Schmelzöfen beschäftigt. In dem Abstand vom Ofen, in welchem sie im Allgemeinen ihr Gesicht halten mussten, die linke Hälfte desselben dem Ofen zugekehrt — zwar jedes Mal nur eine kleine Weile, um die Glasmasse herauszunehmen, nach kurzem Aufenthalt aber immer und immer wieder — zeigte ein aufgehängtes Thermometer nach 10 Minuten 65° C.

Von dieser enormen Hitze zeigten sich in dem Gesichte der meisten Glasbläser deutliche Spuren in der Form eines leichten Grades von Verbrennung, die sich in einer rothbraunen Missfärbung und lederartigen Trockenheit der Haut äusserte. Bei Vielen kamen sogar Narbenbildungen als Folge der starken Wärme vor.

Bei 59 Arbeitern oder 11·6 % beobachtete er, zumeist an dem nach dem Ofen gekehrten linken Auge, Staarbildung, welche er theils einer directen Einwirkung der strahlenden Wärme, theils der profusen Schweissabsonderung bei der Arbeit zuschrieb. Einige Zeichen einer heftigeren Inflammation an den vorderen Medien des Auges aber beobachtete er nicht. Wenigstens erwähnt er in seinem Aufsatz nichts davon. Nur bei einem von 506 untersuchten Arbeitern fand er Cornealflecke, von denen er annahm, dass sie auf einer Verbrennung des Cornealepithels beruhten.

c. Die Einwirkung der ultravioletten Strahlen auf die vorderen Medien des Auges.

Bei den ersten Versuchen über die Einwirkung der ultravioletten Strahlen auf die vorderen Medien des Auges wurde ein ähnlicher Ap-

[1] Meyhöfer, Zur Aetiologie des grauen Staars. Jugendliche Katarakten bei Glasmachern. *Klin. Monatsblätter für Augenheilk.* 1886. S. 49.

parat wie bei den Versuchen LXXXIX—XCVI angewandt. Glas absorbirt zwar Strahlen von kurzer Wellenlänge,[1] dadurch aber, dass ich dünne Deckgläser wählte, hoffte ich die Absorption auf ein Unbedeutendes herabzubringen. Der Apparat wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, welches die ultravioletten und die leuchtenden Strahlen durchlässt, die ultrarothen aber stark absorbirt.[2] Es war meine Absicht, dass, wenn die Versuche mit durch den Apparat filtrirten Strahlen ein positives Resultat geben sollten, das Wasser mit einem violetten Farbstoff zu versetzen, um dadurch den grössten Theil auch der leuchtenden Strahlen zu entfernen und dann mit den solchergestalt filtrirten ultravioletten Lichtwellen die Versuche zu erneuern.

Versuch XCVII. Der Apparat wurde 11 ^{cm} von der Lichtquelle placirt. Die filtrirten Strahlen erhöhten in einem Abstand von 15 ^{cm} von dem Lichte die Temperatur von 26° bis auf 26·8°. Das Kaninchen wurde so placirt, dass das Versuchsauge sich in dem ebengenannten Abstand vom Lichte befand.

Nach einer halben Stunde stellte sich eine mässige Injection ein und nach zwei Stunden zeigten sich Spuren von einer Chemosis und ein paar oberflächliche, ganz kleine Ulcerationen an der Hornhaut. Am Ende des Versuches nach fünf Stunden zeigten sich an dem der Einwirkung der Strahlen ausgesetzt gewesenen Auge Chemosis, Injection und Hornhautulcerationen zwar nur in mässigem Grade, aber doch entschieden deutlicher als an dem Controlauge, das nur unbedeutend gereizt war. Schon nach Verlauf von einer halben Stunde waren diese Symptome gleichwohl bedeutend vermindert. Nach drei Stunden war das Versuchsauge reizungslos. Am Morgen des folgenden Tages war es vollkommen normal.

Versuch XCVIII. Die Anordnung wie in Versuch XCVII, die Zeit $4^1/_2$ Stunde. Am Ende des Versuches eine mässige Injection und ein paar oberflächliche Ulcerationen. Die Symptome an beiden Augen gleich; zwei Stunden später beide Augen reizungslos, ebenso am folgenden Tage.

Versuch XCIX. Anordnung und Zeit wie bei Versuch XCVIII. Am Ende des Versuches geringe Injection, am Controlauge stärker ausgeprägt, keine Chemosis, an beiden Hornhäuten mehrere oberflächliche Ulcerationen, die Pupille des Controlauges eher enger. Drei Stunden später beide Augen reizungslos, am Tage darauf ebenfalls.

Versuch C. Der Filtrationsapparat 7 ^{cm}, das Kaninchenauge 12 ^{cm} von der Lichtquelle. Die Versuchszeit 5 Stunden. Das Thermometer stieg in einer Minute von 26° auf 27° C.

Beide Augen wurden ziemlich schnell injicirt. Chemosis trat an beiden

---

[1] Glas lässt einen Theil der ultravioletten Strahlen hindurch, absorbirt aber die übrigen. Wie bekannt ist, müssen deshalb für die Untersuchung der ultravioletten Wellenlängen Linsen und Prismen von Bergkrystall angewendet werden. Die kürzesten Wellenlängen werden auch von sehr dünnem Glase absorbirt, was aus den von Hertz angestellten Untersuchungen hervorgeht (s. die Note auf S. 296).

[2] Soret hat gezeigt, dass destillirtes Wasser für die ultravioletten Strahlen vollkommen permeabel ist. *Archives de Genève.* März 1878, nach Cornu.

nach zwei Stunden ein. Am Ende des Versuches war die Chemosis an dem Versuchsauge stärker ausgeprägt. Dazu kam eine deutliche Pupillencontraction und eine Veränderung der Irisfarbe. Die zwei letztgenannten Symptome waren noch zwei Stunden nach Schluss des Versuches bemerkbar. Am Abend desselben Tages war das Auge jedoch reizungslos.

Versuch CI. Versuchsanordnung und Zeit wie bei dem Versuch C. Die Reizungssymptome unbedeutend, am Ende des Versuches an beiden Augen gleich; sie nahmen sehr schnell ab, sodass sie schon nach zwei Stunden ganz verschwunden waren.

Die Versuche fielen also im Ganzen genommen negativ aus. In einem Fall (Nr. C) trat am Versuchsauge zwar eine deutliche Contraction der Pupille und eine Veränderung der Farbe der Iris auf, in einem anderen aber (Nr. XCIX) war dafür die Pupille des Controlauges enger.

Die Ursache dieses geringen Effectes konnte dreierlei Art sein. Entweder ist die Reizung, welche das Licht an den vorderen Medien des Auges hervorruft, auf einem Zusammenwirken aller Strahlen beruhend, oder es sind die ultrarothen Strahlen für das Entstehen der Symptome von grösserer Bedeutung, als die Versuche LXXIX—XCVI an die Hand gegeben haben, oder aber, es ist die Reizung des Lichtes an den vorderen Medien des Auges hauptsächlich durch die ultravioletten Strahlen bedingt, obschon dieselben bei den letzten Experimenten von den Deckgläsern — so dünn diese auch waren — in grösserer Menge absorbirt wurden, was zur Folge hatte, dass der Effect ausblieb. Um zu ermitteln, welche dieser drei Möglichkeiten die wirkliche Ursache war, wurde mit demselben Apparat nach Entfernung des Wassers ein Versuch angestellt, sodass dann nur die Deckgläser auf die durchgehenden Strahlen einwirkten.

Versuch CII. Die Anordnung dieselbe wie bei Nr. C, mit der Abweichung jedoch, dass der Apparat leer war. Die durch denselben dringenden Strahlen erhöhten in einer Minute das Thermometer von 26° auf 28·5°. Die Versuchszeit war $4^3/_4$ Stunden. Am Ende derselben zeigten beide Augen eine mässige Injection und Chemosis, sowie mehrere kleine Ulcerationen. Die Symptome waren an dem Versuchsauge unzweifelhaft ausgeprägter als am Controlauge, nahmen aber schnell ab. Schon zwei Stunden nach dem Ende des Versuches waren sie bedeutend vermindert und am Tage darauf vollständig verschwunden.

Bei diesem Versuch, wo der Abstand zwischen dem Auge des Kaninchens und der Bogenlampe sich auf 12^{cm} oder die Hälfte des gewöhnlichen (25^{cm}) betrug, musste selbstverständlich die Intensität der leuchtenden Strahlen verhältnissmässig stark sein. Nur zwei dünne, durchsichtige Deckgläser trennten die Lampe von dem Auge des Kaninchens. Ebenso war auch — nach dem Ausschlage des Thermometers — die Intensität der ultrarothen Strahlen grösser als gewöhn-

lich.[1] Da gleichwohl das Resultat am Auge ein ganz geringes war, so sprach dieses Verhältniss sehr dafür, dass die ultravioletten Wellenlängen für das Entstehen einer Reizung an den vorderen Medien des Auges eine besonders grosse Bedeutung haben, dass sie aber bei den Versuchen XCVII—CII von den Deckgläsern in einem bedeutenden Grade resorbirt (und reflectirt) worden sind. Um nun das Vermögen des Glases die wirksamen Strahlen zu absorbiren oder sie auf andere Weise unschädlich zu machen, weiter zu studiren, wurden einige neue Versuche angestellt.

Versuch CIII—CIV. In einem Abstand von 7 cm von der Lampe wurde eine $2^1/_2$ mm dicke Scheibe von gewöhnlichem Fensterglas mit schwachgrüner Farbe fixirt. Die durchgehenden Strahlen erhöhten in einem Abstand von 5 cm von der Scheibe (12 cm von dem Lichte) in einer Minute das Thermometer von 26° auf 28·5°. Das Kaninchen wurde so placirt, dass das eine Auge sich in dem letztgenannten Abstand von der Lampe befand. Die Versuchszeit $4^3/_4$ Stunden. Am Ende des Versuches fanden sich an dem Versuchsauge eine ziemlich lebhafte Injection, Chemosis, mässige Absonderung und oberflächliche Hornhautulcerationen. Dieselben Symptome, obschon gelinder, fanden sich jedoch auch am Controlauge. Sie zeigten sich $2^1/_2$ Stunde nach Ende des Versuches bedeutend vermindert, doch fortfahrend stärker am Versuchsauge. Am Tage darauf waren beide Augen reizungslos.

Auch bei diesen Versuchen waren die Reizungssymptome unbedeutend und schnell übergehend. Das Resultat gab also hier, gleichwie bei den Versuchen XCVII—CII, starken Grund zu der Vermuthung, dass es die ultravioletten Strahlen sind, welche bei einer Lichtreizung auf den vorderen Medien des Auges die grösste Wirkung ausüben. Um diese Frage mit Sicherheit zu entscheiden, wurden einige Versuche mit Bergkrystall unternommen, welcher Stoff bekanntlich ungefähr dieselbe Durchsichtigkeit und Diathermansie wie das Glas hat, aber die Verschiedenheit darbietet, für die ultravioletten Wellenlängen in einem sehr hohen Grade durchlassend zu sein.

Versuch CV—CIX. Eine Bergkrystalllinse[2] von einer Dicke von 6 mm an der Mitte und einer Brennweite von 13·5 cm wurde in diesem Abstand von der Lichtquelle placirt. In den parallelen Strahlen jenseits der Linse und ungefähr 5 cm von derselben stieg das Thermometer in einer Minute von 26° auf 27·4°. Das Kaninchen wurde so placirt, dass das eine Auge sich in diesem Abstand von der Linse mitten in einem Bündel des durchgelassenen Lichtes

[1] Vgl. das Steigen des Thermometers bei dem Versuche C (26°—27°) in demselben Abstand als die Strahlen durch Wasser filtrirt wurden, und in einem Abstand von 25 cm, als das ganze Licht das Thermometer traf (26°—27·2°).

[2] Diese Versuchsanordnung erscheint vielleicht etwas eigenthümlich, war aber dadurch bedingt, dass mir von Bergkrystall zur Zeit nur diese Linse zu Gebote stand.

befand. Da die Strahlen nach der Brechung nahezu parallel waren, so musste die Intensität derselben an dieser Stelle ungefähr ebenso gross sein wie die des Lichtes 13·5 cm von der Lampe, unberechnet diejenigen, welche durch Reflexion und Absorption verloren gegangen waren. Die Versuchszeit wechselte zwischen 4 und 4½ Stunde.

Während des Versuches verhielt sich das Auge bei den einzelnen Versuchen etwas verschieden. Bei zweien derselben traten mässige Injection, Chemosis und oberflächliche Epithelabhebungen an der Hornhaut auf. Bei diesen Versuchen zeigten sich Reizungssymptome, obschon schwächer, auch an dem Controlauge. Bei den drei übrigen Versuchen zeigten sich dahingegen während des Versuches nur eine ganz unbedeutende Injection, keine Chemosis und kaum einige Ulcerationen. In vier Fällen war unmittelbar nach dem Ende des Versuches eine deutliche Contraction der Pupille vorhanden, in dem fünften nichts Abnormes von der Iris zu bemerken. Die Symptome entwickelten sich während der ersten drei Stunden nach dem Ende des Versuches nicht weiter und in einem Falle verminderten sie sich sogar etwas.

Am folgenden Tage waren die Symptome dagegen ziemlich heftig: mässige Absonderung und Injection an der Conj. palpebr., Injection und Chemosis an der Conj. oculi in der Ausdehnung, in welcher sie dem Lichte ausgesetzt gewesen, eine Menge kleine Epithelabhebungen und mässige Trübung an der Hornhaut, Zusammenziehung der Pupille und Missfärbung des Gewebes der Iris. In einem Falle zeigten sich kleine Blutungen in der Conj. oculi, in einem anderen war die ganze Nickhaut mit einer Menge von kleinen Blutausaderungen erfüllt. Diese Symptome nahmen im Laufe des Tages an Intensität zu.

Am Morgen des dritten Tages waren in drei Fällen die Symptome fortfahrend gleich heftig. In den zwei anderen zeigten sich Zeichen einer Abnahme.

Am vierten Tage waren die Augen beinahe reizungslos. Doch fanden sich noch die oberflächlichen Ulcerationen und die leichte Trübung der Hornhaut vor. In einem Fall war die Pupillencontraction noch am fünften Tage vorhanden. Auch noch zwei Tage später konnte man eine schwache Trübung der Hornhaut beobachten.

Zum Vergleich wurden einige Versuche mit Strahlen gemacht, welche durch die früher genannte Glasscheibe filtrirt waren.

Versuch CX—CXIV. Der Abstand zwischen dem Auge des Kaninchens und dem Lichte 13·5 cm. In der Mitte zwischen dem Auge und dem Lichte die Glasscheibe. Erhöhung des Thermometers in einer Minute von 26° auf 28·3°. Die Versuche wurden gleichzeitig mit Nr. CV—CIX ausgeführt.

Bei zweien der Versuche verhielt sich das dem Lichte ausgesetzte Auge ganz wie das Controlauge. Bei den drei anderen zeigte sich die Injection der Conj. bulbi des Versuchsauges etwas stärker. Die Injection hörte jedoch zwei Stunden nach dem Ende des Versuches auf, worauf das Auge nichts Abnormes mehr zeigte.

Ein nennenswerther Unterschied in der Durchlässigkeit für die leuchtenden Strahlen zwischen der Bergkrystalllinse und der Glasplatte ist nicht gern denkbar, da beide Medien dem Auge vollkommen gleich erschienen, nur dass die Glasplatte eine ganz schwache grüne Farbe

zeigte. Dahingegen zeigte das Thermometer, dass die Glasplatte, wahrscheinlich in Folge ihrer geringeren Dicke, mehr diatherman als die Bergkrystalllinse war. Trotzdem verursachten die Strahlen, welche durch die Glasplatte gegangen waren, nur eine geringe und schnell übergehende Reizung, während die, welche die Linse passirt hatten, äusserst heftige Symptome hervorriefen. Die Ophthalmien, die bei den Versuchen CV—CIX auftraten, waren nämlich heftiger, als ich sie bei irgend einem der vorherigen Versuche beobachtet hatte. Die Ursache dieser grossen Verschiedenheit konnte kaum eine andere, als die verschiedene Durchlässigkeit der beiden Medien für die kurzen Wellenlängen sein. Auch diese Versuche sprachen demnach entschieden dafür, dass die ultravioletten Strahlen die bei der Hervorrufung einer Reizung an den vorderen Medien des Auges vorzugsweise wirksamen sind.

Nachdem ich eine Bergkrystallplatte und eine Glasplatte von gleicher Dicke erhalten hatte, stellte ich mit beiden einige vergleichende Versuche an. Beide Platten waren vollkommen durchsichtig und farblos. Auf photometrischem Wege untersucht, zeigten sie dieselbe Diaphaneïtät. Die Wärme, welche sie durchliessen, war ebenfalls beinahe gleich. In dem einen Falle (die Bergkrystallplatte) stieg das Thermometer in einem Abstand von 20 ^{cm} von der Flamme in einer Minute von 26^0 auf 27·3^0, in dem anderen (die Glasplatte) von 26^0 auf 27·2^0. Mit jeder Platte wurden drei Versuche angestellt.

Versuch CXV—CXVII, mit der Bergkrystallplatte. Die Versuchszeit 4 Stunden. Der Abstand von der Lampe 20 ^{cm}. Am Ende des Versuches zeigte das dem Licht ausgesetzt gewesene Auge locale Injection und Schwellung der Conj. oculi, überdies oberflächliche Epithelabhebungen an der Hornhaut. Bei dem einen Kaninchen (von brauner Farbe) fand sich auch eine deutliche Pupillencontraction. Bei den beiden anderen (Albinos) war dieses Symptom wenig hervortretend. Die Symptome drei Stunden nach Schluss des Versuches bei dem braunen Kaninchen etwas vermehrt, bei den beiden anderen auf demselben Punkt wie unmittelbar nach dem Versuche. Das Controlauge bei allen dreien drei Stunden nach Schluss des Versuches vollkommen normal.

Am Tage darauf waren die Injection und Schwellung der Conj. oculi, die Epithelabhebungen und die Trübung der Hornhaut sehr ausgeprägt. Die Contraction der Pupille und die Veränderung in der Farbe der Iris bei dem braunen Kaninchen deutlich hervortretend, bei den beiden weissen aber kaum merkbar. Diese zeigten dagegen eine deutliche Photophobie.

Am dritten Tage waren die Symptome bedeutend vermindert.

Am vierten Tage fanden sich nur eine leichte Trübung der Hornhaut und oberflächliche Epithelabhebungen. Nach noch 2—3 Tagen zeigte das Auge nichts Abnormes.

Versuch CXVIII—CXX. Die Strahlen passirten, ehe sie das Auge trafen, die Glasplatte; im Uebrigen war die Versuchsanordnung ganz dieselbe wie bei Nr. CXV—CXVII. Am Ende des Versuches bot das dem Licht aus-

gesetzt gewesene Auge in einem Fall dasselbe Aussehen wie das Controlauge dar; in den beiden anderen Fällen war es etwas stärker gereizt. Die Reizung ging aber schnell zurück, sodass sie in dem einen Falle schon nach einer halben Stunde, in den anderen nach zwei Stunden verschwunden war.

Auch hier zeigten sich die Strahlen, welche durch das Bergkrystall gegangen waren, stark reizend, während sich diejenigen, welche das Glas passirt hatten wenig wirksam erwiesen.

Bisher war die Durchlässigkeit der Medien für ultrarothe und ultraviolette Strahlen mittelst des Thermometers und Photometers beurtheilt worden. Verschiedenartige Medien können indessen verschiedene Theile des Spectrums verschieden stark absorbiren, ohne dass dieses sich dem Thermo- oder Photometer, welche — sofern das Licht nicht durch ein Prisma zerlegt worden ist — die ganze Wärme- und die ganze Leuchtkraft messen, zu erkennen giebt.

Um nun den obigen Versuchen volle Beweiskraft zu verleihen, mussten daher die Wellenlängen des von dem Bergkrystall und der Glasplatte durchgelassenen Lichtes besonders untersucht werden. Erst eine solche Untersuchung konnte betreffs der vorzugsweise wirksamen Strahlen einen bestimmten Ausschlag geben.

Die Untersuchung über die Diathermansie der beiden Medien führte ich mit dem schon erwähnten Spectrobolometer aus. Die *D*-Linie wurde zum Ausgangspunkt für die Untersuchung erwählt und diese dann so weit in das ultrarothe Feld hinein fortgesetzt, als sich ein Ausschlag erhalten liess. Das Ergebniss ist hier unten in einer Tabelle zusammengestellt, wo die erste Columne die von der *D*-Linie gerechnete Deviation für das angewendete Bergsalzprisma, dessen brechender Winkel 60° 2′ ist, die zweite die Wellenlänge der untersuchten Strahlen, die dritte den Ausschlag des Galvanometers, durch die Einwirkung der von der Lichtquelle gekommenen Strahlen auf das Bolometer bedingt, die vierte die Wirkung der Strahlen, nachdem sie die Bergkrystallplatte, und die fünfte die Wirkung derselben, nachdem sie die Glasplatte passirt hatten, angiebt.

D	λ	*L*	*Bk.*	*Gl.*
0	0·59	3·3	2·5	2·5
0·5	0·69	17	15	15
1	0·90	121·8	112·5	112·5
1·5	1·70	306	242	185
2·0	4·00	107	26·5	14
2·5	6·50	30·5	2·2	2

Die Durchlässigkeit der beiden Platten für die leuchtenden Strahlen jenseits der D-Linie wurde mit Vierordt's „Doppelspalt" untersucht. Die Untersuchung gab für beide Platten denselben Ausschlag, nämlich eine Verminderung der Intensität der Strahlen um ungefähr 8·0 %, was der Reflexion von den beiden Flächen der Platten entspricht.

Die Durchlässigkeit der Platten für die ultravioletten Wellenlängen wurde auf folgende Weise untersucht. Das Bogenlicht wurde mit einem Pappcylinder umgeben und dieser überall sorgfältig geschlossen. An der Seitenfläche des Cylinders wurde sodann eine 2 mm breite und 16 mm lange Spaltöffnung angebracht. Das durch diese hervordringende Strahlenbündel wurde mittelst einer Linse aus Bergkrystall gegen ein Prisma aus demselben Stoff concentrirt und das derart erhaltene Spectrum sodann auf einen weissen Schirm projicirt. An der Grenze des sichtbaren Spectrums gegen die violette Seite wurde ein Blatt Filtrirpapier fixirt, das in einer 2 %igen Lösung von schwefelsaurem Chinin angefeuchtet worden war. Die ultravioletten Strahlen wurden nun in Folge der Fluorescenz sichtbar. Die Breite der fluorescirenden Partie wurde mit einem gewöhnlichen Maassstab gemessen und zu 30 cm befunden. Hierauf wurde der zu untersuchende Stoff vor die Spaltöffnung geschoben. Es zeigte sich nun, dass die fluorescirende Partie sich bis auf 7—6 cm verkürzte, wenn die Strahlen durch die Glasscheibe gingen, dahingegen wohl eine unbedeutende Verminderung in der Intensität, aber keine Verkürzung in der Länge erlitt, wenn sie die Bergkrystallplatte zu passiren hatten. Die kürzesten Wellenlängen wurden also von der Glasscheibe absorbirt, von der Bergkrystallplatte aber durchgelassen. Besonders deutlich konnte man die Durchlässigkeit der beiden Platten für verschiedene Strahlen mit dem Auge beobachten, wenn man mit dem untersuchten Medium nur die halbe Spaltöffnung bedeckte und solchergestalt einen Theil des Lichtes direct auf die Linse fallen liess.

Die obige Tabelle zeigt aber bei der Bergkrystallplatte auch eine grössere Durchlässigkeit für gewisse der ultrarothen Wellenlängen als bei der Glasplatte. Von $\lambda = 1 \cdot 70$ liess die erstere ungefähr den dritten Theil mehr und von $\lambda = 4 \cdot 00$ beinahe doppelt so viele hindurch als die letztere. Es wäre demnach nicht unmöglich, dass der verschiedene Ausschlag, den die Versuche CXV—CXVII und CXVIII—CXX gegeben haben, gerade durch diese Verschiedenheit der Platten bedingt gewesen ist. Um hierüber Klarheit zu erhalten, wurden folgende Versuche angestellt.

A. Versuch CXXI—CXXV. Der Abstand zwischen dem Lichte und dem Auge des Kaninchens 20 cm. Die Versuchszeit 4 Stunden. Vor dem Auge

die Bergkrystallplatte. Das Resultat eine sehr heftige und ungefähr drei Tage andauernde Reizung von der gewöhnlichen Art.

B. Versuch CXXVI—CXXX. Der Abstand zwischen dem Auge des Kaninchens und der Lampe 14 cm. Die Versuchszeit 4 Stunden. Vor dem Auge des Kaninchens die Glasplatte.

Am Ende des Versuches gelinde Reizung, welche innerhalb zwei Stunden verschwunden war.

Da die Intensität der Strahlen sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, müssen sowohl die ultrarothen, wie auch die leuchtenden Strahlen von allen Wellenlängen sich beim Versuch *B* in grösserer Intensität vorgefunden haben, als beim Versuch *A*. Gleichwohl wurde bei *B* nur eine gelinde und bald übergehende Reizung erhalten, bei *A* dagegen eine sehr starke und andauernde. Der Unterschied in der Wirkung kann also durch nichts anderes bedingt sein, als den grösseren Reichthum an ultravioletten Strahlen beim Versuch *A*.

Hieraus geht also hervor, dass die ultravioletten Strahlen an den vorderen Medien des Kaninchenauges eine Reizung hervorrufen, gekennzeichnet durch katarrhale Symptome an der Conj. palpebralis, Injection und Chemosis an der Conj. oculi, Epithelabhebung und Trübung an der Hornhaut, sowie Pupillenverengung und Missfärbung der Iris.

Die Wirkung der ultravioletten Strahlen kann ihren Grund nicht in der Energie derselben haben — wenn man nämlich die Energie nach der Wärmewirkung misst — denn diese ist ja im Verhältniss zu derjenigen der übrigen Strahlen, besonders der ultrarothen, ungeheuer klein. Sie muss daher durch specifische Eigenschaften, welche den kürzesten Wellenlängen zukommen, bedingt sein.

Wie früher bemerkt, dürfte die Absorption der ultrarothen Strahlen zum grossen Theil auf dem Wassergehalt des Gewebes beruhend sein. Derselben Ursache können wir aber nicht die Absorption der ultravioletten Strahlen zuschreiben, denn Wasser ist ja für die kurzen Wellenlängen in hohem Grade durchlässlich. Ebenso wenig scheint ein geringer Salz- oder Eiweissgehalt auf die ultravioletten Strahlen eine Wirkung auszuüben. Wenigstens werden sie nicht im Geringsten von Humor aqueus absorbirt. Worauf ihre Absorption beruhend ist, muss bis auf Weiteres als unbekannt betrachtet werden. Die mit dem Mikroskop nachgewiesene Abhebung des Hornhautepithels in grosser Ausdehnung kann vielleicht eine Andeutung geben, in welcher Richtung die Lösung der Frage zu suchen ist.

III. Ueber die Natur der Lichtquellen, welche an den vorderen Medien des Auges eine Reizung hervorrufen, und die Verhältnisse, unter denen sie wirken.

Die directen Versuche haben also dargethan, dass die ultravioletten Strahlen an den vorderen Medien des Auges eine sehr starke Reizung hervorrufen, die ultrarothen nur eine geringe Irritation verursachen und die leuchtenden so gut wie unwirksam sind. Es könnte daher von Interesse sein, zu untersuchen, inwiefern dieses Ergebniss der ausgeführten Untersuchungen mit der Natur der Lichtquellen übereinstimmt, welche an den vorderen Medien des menschlichen Auges eine Reizung hervorrufen, und mit den Verhältnissen, unter denen sie wirken.

Was zuerst das elektrische Licht anbetrifft, so ist dieses bekanntlich die an ultravioletten Strahlen relativ reichste Lichtquelle, welche wir kennen. Dieses Verhältniss steht in voller Uebereinstimmung mit dem Ergebniss meiner Untersuchungen. Mit ihnen stimmt auch überein, dass Ophthalmien so oft beim Schmelzen von Eisen im elektrischen Lichtbogen beobachtet worden sind. Das Spectrum des Eisens ist nämlich äusserst reich an violetten Strahlen.[1] Cornu rechnet 271 Eisenlinien zwischen $\lambda = 0{\cdot}3956$ und $\lambda = 0{\cdot}29476$, Liveing und Dewar zählen 46 zwischen $\lambda = 0{\cdot}2941$ und $\gamma = 0{\cdot}2465$.[2] Gleichartig ist nach Untersuchungen derselben Verfasser auch das Verhältniss mit Magnesium, womit in einem der referirten Fälle Versuche angestellt worden sind.[3]

Auch der Blitz enthält eine grosse Menge chemischer Strahlen. Er ist ja übrigens nichts Anderes, als ein colossaler elektrischer Funken.

Mit diesen zwei Lichtquellen kann das Sonnenlicht (nachdem es durch die Atmosphäre gedrungen ist) sich hinsichtlich des Reichthums an ultravioletten Strahlen zwar nicht messen, doch ist es in Betreff solcher Wellenlängen den meisten anderen Lichtquellen überlegen.

Berlin theilt in seiner Abhandlung über Schneeblindheit eine Anzahl von Angaben über die Stärke der Insolation in arktischen und Gebirgsgegenden mit. Es wäre von Interesse, zu wissen, inwiefern das Licht in diesen Gegenden auch an ultravioletten Strahlen reicher als gewöhnlich ist. Cornu's Untersuchungen hinsichtlich der Durch-

---

[1] Vgl. *Arch. d'ophtalmologie* VIII. Bd. I. S. 3.

[2] Siehe H. Kayser, *Spectralanalyse.* Berlin 1883. S. 273—275.

[3] Faucher's Fall. Vgl. S. 11.

lässigkeit der Atmosphäre für diese Strahlen zeigen, dass dieses der Fall sein muss.

Er untersuchte nämlich am 11. September 1878 in Courtenay die Durchlässigkeit der Luft für ultraviolette Strahlen und fand dabei die kürzeste Wellenlänge im Sonnenspectrum um:

10·30	Vormittags	. . .	zu	0·2955 λ
12·2	Nachmittags	. . .	„	0·295 „
1·18	„	. . .	„	0·2955 „
1·50	„	. . .	„	0·297 „
3·4	„	. . .	„	0·299 „
3·9	„	. . .	„	0·302 „
4·17	„	. . .	„	0·304 „
6·38	„	. . .	„	0·307 „
5·2	„	. . .	„	0·312 „
5·14	„	. . .	„	0·315 „(?)

Die kürzeste Wellenlänge wurde also beobachtet, als die Sonne am höchsten stand, oder mit anderen Worten, die Ausdehnung des Spectrums nach der ultravioletten Seite verminderte sich mit der Länge des Weges, den das Licht durch die Atmosphäre zurückzulegen hatte. Ebenso fand er bei einer später vorgenommenen Untersuchung am 24., 25. und 26. Juli 1879, dass die Ausdehnung des Sonnenspectrums nach der ultravioletten Seite mit der Höhe über dem Meere zunahm. Auf dem Riffelberg (2570 m über dem Meere) war die kürzeste Wellenlänge im Spectrum 0·2932 λ, auf dem Righi (1650 m über dem Meere) 0·2948 λ und in Viège (660 m über dem Meere) 0·2954 λ. Der Unterschied war also 0·002 λ auf 1·920 m Höhendifferenz.[1] Je höher die Lage über dem Meere, desto reicher ist also das Licht an ultravioletten Strahlen.

Aber auch für verschiedene Jahreszeiten hat er eine bemerkenswerthe Verschiedenheit nachgewiesen. Den grössten Reichthum an ultravioletten Strahlen zeigt das Sonnenlicht zwar um Johanni, wo die Sonne am höchsten am Himmel steht. Bei gleicher Sonnenhöhe aber ist das ultraviolette Sonnenspectrum im Winter unvergleichlich mehr ausgebreitet als im Sommer.[2]

---

[1] Cornu, *Journ. de physique théorique et appliquée.* 1881. S. 5.

[2] Cornu, Etudes d. spectre solaire: *Comptes Rendus des séances de l'Acad. des Sciences.* 1878. S. 101. Cornu nahm zuerst an, dass die verschiedene Ausdehnung des Spectrums nach der ultravioletten Seite hin in dem Wassergehalte der Luft ihren Grund hatte; Versuche, welche er später angestellt hat, zeigen jedoch, dass der Wasserdampf, der bei der Absorption der rothen Strahlen eine

Wir wissen also durch seine Untersuchungen, dass das Sonnenlicht auf hohen Bergen reich an ultravioletten Strahlen ist. Und da er ebenfalls dargethan hat, dass das Sonnenspectrum im Winter sich relativ reich an ultravioletten Strahlen zeigt, so können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass dieses auch in arktischen Gegenden, welche eine niedrige Temperatur haben, der Fall ist. Das, was wir von dem Gehalt des Sonnenlichtes an ultravioletten Strahlen wissen, steht also in Uebereinstimmung mit dem Schlusse, zu dem ich bei meinen Versuchen gekommen bin, nämlich, dass diese Strahlen bei der Hervorrufung einer Lichtreizung an den vorderen Medien des Auges die vorzugsweise wirksamen sind.

Hierzu kommt aber ein wichtiger Umstand. Es ist nicht das directe Sonnenlicht, welches die Schneeblindheit hervorruft — denn gegen die directe Strahlung ist das Auge durch die Wölbung der Stirn, die Augenbraunen, die gewöhnlich etwas nach vorn geneigte Haltung des Kopfes, die Kopfbedeckung u. s. w. geschützt — es sind die von Schnee und Eis reflectirten Strahlen, die das Leiden erzeugen. Was geschieht bei dieser Reflexion? Ist das von Schnee und Eis zurückgeworfene Licht in seiner Zusammensetzung gleichartig mit dem directen? Oder werden Strahlen von verschiedener Wellenlänge in verschiedener Proportion zurückgeworfen?

Darüber sind, so viel ich weiss, keine Untersuchungen ausgeführt worden, es scheint aber ein Gesetz in der Natur zu sein, dass pulverförmige Körper, besonders weisse pulverförmige Körper, vorzugsweise für Strahlen von grösserer Wellenlänge durchlässig sind, Strahlen von kurzer Wellenlänge aber zurückwerfen. So z. B. ist es lange bekannt, dass das von dunklen Medien zurückgeworfene Licht einen bläulichen Farbenton hat, während dagegen die durchgelassenen Strahlen ein röthliches Aussehen zeigen. Dieses Verhältniss war schon Goethe bekannt. Später haben Clausius[1] und Rayleigh[2] sich mit der theoretischen Erörterung dieses Gegenstandes beschäftigt. Experimental ist es von E. L. Nichols[3] und N. Mänz[4] auf photometrischem Wege

---

so wichtige Rolle zu spielen scheint, bei der Absorption der ultravioletten Strahlen nicht den hervorragendsten Einfluss ausübt. Worauf die Eigenschaft der Atmosphäre, die kurzen Wellenlängen zu absorbiren, also beruht, muss bis auf Weiteres als unentschieden angesehen werden.

[1] Clausius, *Pogg. Ann.* Bd. 72. S. 188 und 294; Bd. 76. S. 161 und Bd. 88. S. 543.

[2] Rayleigh, *Strutt. Phil. Mag.* 1871. Bd. 41. S. 107, 274 und 447.

[3] Nichols, On Black and White, *Transactions Kansas Academy of Science.* 1886. Bd. X.

[4] Mänz, *Spectrophotometrische Untersuch. an trüben Medien.* Marburg 1885.

studirt worden. Der erstere hat das von verschiedenen pulverförmigen Stoffen zurückgeworfene Licht, der letztere die Durchlässigkeit einer Menge mittelst verschlämmter Partikeln getrübter Flüssigkeiten für verschiedene Wellenlängen untersucht. Es kann als hierdurch mit Sicherheit dargethan angesehen werden, dass oben genanntes Gesetz für die leuchtenden Strahlen geltend ist. Der grössere Theil der solcher Art untersuchten Stoffe zeigt eine grössere Diffusion der violetten Strahlen. Dass dieses wirklich ein Gesetz von allgemeiner Bedeutung sein dürfte, geht aus der theoretischen Behandlung des Gegenstandes und aus K. Ångström's Untersuchung über die Diathermansie des Russes, des Zinkoxyds und des Magnesiumoxyds hervor.[1] Es ist daher höchst annehmbar, dass dasselbe auch auf die ultravioletten Wellenlängen seine Anwendung hat.

In Analogie hiermit würde das vom Schnee reflectirte Licht verhältnissmässig reich an Strahlen von kurzer Wellenlänge sein. Es scheint mir auch, als ob das Aussehen des Schnees auf ein solches Verhältniss hindeutete. Seine Farbe ist ja nicht rein weiss, sondern spielt eher in's Blauweisse.

Betreffs der Einwirkung der verschiedenen Strahlen auf die Haut hat Gintrax experimentale Untersuchungen angestellt.[2] Er fand, dass in 30 Secunden die violetten Strahlen einen Phlyctene und die blauen Brennen und Röthung verursachten, während die rothen sich wirkungslos verhielten. Eine andere Reihe von Versuchen zeigte, dass die violetten Strahlen in zwölf Secunden eine Röthung nebst einer Erhebung der Epidermis erzeugten, während die rothen 20 Secunden gebrauchten, um eine einfache Röthung hervorzurufen. Mit dem elektrischen Lichte habe ich Untersuchungen gemacht, welche zeigen, dass die ultravioletten Strahlen dieser Lichtquelle eine intensive, mehrere Tage bestehende Röthung, von reichlicher Desquamation gefolgt, hervorruft.[3] Nach diesen Untersuchungen würde also die violette Seite des Spectrums die für die Hervorrufung eines Erythemas wirksamste sein; und da das Hauterythem und die Augenaffection unter gleichartigen Verhältnissen entstehen, so haben wir in erster Reihe an die kurzen Wellenlängen als die Ursache auch der letztgenannten zu denken.

[1] Ångström, Jaktagelser öfver dunkla mediers genomtränglighet för strålar af olika våglängd. *Öfversigt af K. vetensk.-akad. förhandl.* Stockholm 1888. Nr. 6. S. 385. *Ann. der Phys. und Chem.* 1889. Bd. XXXVI.

[2] Gintrax, *Revue scientifique.* 1888. Bd. 41. S. 221.

[3] J. Widmark, De l'influence de la lumière sur la peau. *Biologiska föreningens förhandlingar.* 1889.

Ein bemerkenswerthes Verhältniss ist es, dass die Schneeblindheit so oft in den arktischen Gegenden vorkommt, anderwärts aber, die Gebirgsgegenden ausgenommen, selten beobachtet wird. Dieses beruht natürlicher Weise zum grossen Theil auf dem grösseren oder geringeren Reichthum des Sonnenlichtes an ultravioletten Wellenlängen, doch finden sich wahrscheinlich auch andere Ursachen. Berlin's Karte zeigt, dass die Schneeblindheit zumeist in offenen Gegenden vorkommt, wo im Winter Alles in Schnee gehüllt ist, sodass dem Blick sich überall der reflectirende Schnee entgegenstellt. Die Lebensweise der Bevölkerung hat sicherlich ebenfalls eine grosse Bedeutung für das Entstehen der Schneeblindheit. Auf den früheren Polarexpeditionen z. B., wo man sich im Hause hielt und nur kurze Ausflüge unternahm, war dieses Leiden unbekannt. Wenigstens sucht man in der älteren arktischen Litteratur vergebens nach Angaben über dasselbe.[1] Erst später, als man anfing, lange Schneefahrten zu unternehmen, trat die Schneeblindheit auf.

Eigenthümlich ist es, dass sich in der Litteratur keine bestimmten Angaben über Schneeblindheit aus Schweden finden.[2] Daraus darf man jedoch nicht schliessen, dass Schneeblindheit bei uns nicht vorkommt. Im Gegentheil, diese Krankheit ist in den nördlichsten Theilen unseres Landes nicht gar selten. Sie greift im Frühjahr den Robbenjäger, wenn er auf dem Bottnischen Meerbusen auf der Jagd ist, sowie auch die auf den grossen Seen, den grossen Mooren und auf den Bergen Beschäftigten sowohl an sonnigen Tagen, wie auch bei Schneegestöber und der Art von Nebel an, welcher an warmen Tagen an der Eisfläche lagert. Die Bevölkerung in Lappland wendet auch von Alters her als Schutz gegen den Reflex vom Schnee Schleier oder eine Art Schirme aus Birkenrinde an. In der letzteren Zeit sind auch farbige Brillen recht viel in Gebrauch gekommen. Die Lappländer versehen sich mit solchen auf den Jahrmärkten, und man sieht sie selten ohne diesen Schutz gegen das Licht, wenn sie im Frühjahr nach Westen ziehen, ungeachtet sie nie mitten am Tage oder wenn die Sonne hoch steht auf dem Wege sind, sondern sich immer erst gegen Abend oder Mitternacht weiterbegeben.[3]

---

[1] Vgl. Berlin, *Om snöblindhet.* S. 1.

[2] Das Einzige, was ich darüber in der mir zugänglichen Litteratur habe finden können, sind folgende Zeilen in Linne's *Lachesis Lapponica* (Bd. II. S. 32), welche wahrscheinlich auf diese Krankheit Bezug haben: „Augenkrankheiten sind (in Lappland) gewöhnlich, besonders im Frühjahr, wenn die Lappen nach den Bergen aufbrechen. Der Schein vom Schnee übt dann eine schädliche Wirkung auf ihre Augen aus.“

[3] Diese Angaben gelten Norrbottens Län, und ich habe sie hauptsächlich

Im mittleren Schweden kommt Schneeblindheit nur ausnahmsweise vor. Die Ursache hierzu liegt wohl in der physischen Beschaffenheit des Landes wie auch in der Beschäftigung des Volkes. Auch in den arktischen Gegenden tritt ja die Schneeblindheit nur unter ganz exceptionellen Verhältnissen auf, nämlich wenn Personen stunden- oder tagelange Märsche über Schnee und Eis machen. Aehnliche Verhältnisse dürften weniger oft bei einem Volke mit festen Wohnplätzen und in einem Lande vorkommen, wo Feld und Wald mit einander abwechseln. In der Jahreszeit, wo der Schnee die Erde bedeckt, sind übrigens die Tage kurz. Wenn sie dann im Frühjahr an Länge zunehmen, fängt auch der Schnee an zu schmelzen. In ungewöhnlich langen und kalten Wintern aber, wo der Schnee weit in's Frühjahr hinein liegen bleibt, tritt auch im mittleren Schweden die Schneeblindheit auf. Im vorigen Frühjahr z. B. kamen mehrere Fälle in der Umgegend von Stockholm vor.[1]

In den Gegenden, wo die Schneeblindheit vorkommt, tritt sie nicht nur bei klarem Wetter, sondern auch bei Schneegestöber und einer Art von leichten sonnenrauchähnlichen Schnee- oder Eisnebeln auf. Diese letzteren sind für das Entstehen von Schneeblindheit besonders förderlich.

---

von einem nahen Verwandten erhalten, welcher sich seit vielen Jahren in diesen Gegenden aufgehalten hat.

[1] Ein College, einige Meilen nordwestlich von Stockholm wohnhaft, hat mir mündlich mitgetheilt, dass er im vergangenen Frühjahr nicht weniger als sieben Fälle von Schneeblindheit unter Behandlung gehabt hat. Alle kamen sie bei Personen vor, welche mit Schneeräumen beschäftigt waren, und äusserten sich mit den gewöhnlichen Symptomen von Lichtscheu, Blepharospasmus, Inj. in der Conj. bulbi und Chemosis. In sechs Fällen ging das Leiden bald vorüber, im siebenten aber complicirte es sich mit einer Keratitis. Ein anderer College, Dr. Brattström von Ramnäs in Vestmanland, hat mir mitgetheilt, dass er im April vorigen Jahres 20 Fälle von Schneeblindheit beobachtet habe, davon 16 bei Arbeitern, die mit Schneeräumen beschäftigt waren. Selbst wurde ich für folgenden Fall consultirt, welcher nach der Beschreibung kaum etwas anderes als Schneeblindheit gewesen sein kann.

Am 28. April 1888 bat mich ein Bauer aus Stockholms Scheeren um Rath für einen bei ihm wohnenden „Stockholmer Herrn". Dieser hatte am 25. April auf dem Eise gesessen und von Morgens 7 Uhr bis spät des Abends in blendendem Sonnenschein, das linke Auge der Sonne zugekehrt, geangelt. Als er dann am Abend nach Hause kam, war er so geblendet, dass er nicht sehen konnte, welche Stunde die Uhr im Zimmer zeigte. In der Nacht stellten sich bei ihm Stechen und Brennen in den Augen, besonders heftig im linken ein. Hierzu gesellte sich Thränenfluss, die Sclera wurde roth, auch trat Lichtscheu auf, sodass er ausser Stande war, die Augen zu öffnen. Auch die Haut im Gesicht war angegriffen, roth und geschwollen. Am 27. April war das rechte Auge schon besser, aber noch am 28. dauerten die Symptome an dem linken an.

Die Thatsache, dass auch bei Schneegestöber und Eisnebel Schneeblindheit nur dann auftritt, wenn die Sonne über dem Horizont steht, zwingt uns unwillkürlich zu der Annahme, dass auch hier das Licht die veranlassende Ursache des Leidens ist. Vielleicht würde man den Vorgang auf folgende Weise erklären können.[1]

Leichte, durchscheinende Nebel lassen einen Theil des Lichtes durch, so dass es die Erde erreicht, von wo es dann auf die gewöhnliche Weise zurückgeworfen wird. Ein anderer Theil des Lichtes wird von den Nebeln diffundirt. Dieses diffuse Licht wird noch dadurch vermehrt, dass die Strahlen, welche der Schnee zurückwirft, die Nebel treffen und von diesen wieder gegen die Erde reflectirt werden. Hierdurch bilden die Nebel eine diffundirende Schicht in der Luft. Die Diffusion von diesen Nebeln ist auch oft so stark, dass der Himmel mit einem weissen glänzenden Schein überzogen erscheint.[2] Das Auge kommt nun unter die Einwirkung von Licht von der Erde her und aus der Luft. Der Reflex von der Erde ist zwar geringer als unter gewöhnlichen Verhältnissen, aber das Auge ist zugleich dem Scheine aus der Luft ausgesetzt und hat nun keinen Punkt mehr, wohin es blicken kann, ohne diffuses, zurückgeworfenes Licht zu treffen.

Auf eine ähnliche Weise gestaltet sich das Verhältniss bei Schneegestöber. Bei dieser Form von Schneegestöber scheint es sich nicht um einen Schneefall, sondern um eine Aufwirbelung des Schnees von der Erde zu handeln. „Das Schneegestöber treibt in mehr oder weniger mächtigen Schichten über die weisse Erde hin, es kann dicht an ihr entlang stürmen, aber auch die ganze Umgebung einhüllen.“[3] Die Luftschicht, welche die Schneeflocken einnehmen, ist also im Vergleich zu der Schicht, die bei einem gewöhnlichen Schneefall mit Schnee erfüllt wird, höchst wahrscheinlich ganz unbedeutend. Gleichwohl wird in dem letzteren Falle so viel Licht durchgelassen, dass wir die nächsten Gegenstände um uns deutlich unterscheiden können, und dies ungeachtet der Raum, den die Schneeflocken passiren, vielleicht eine Mächtigkeit von Tausenden von Fuss hat. Man kann sich daher denken, dass beim Schneegestöber, das bei Weitem nicht so hoch hinaufreicht, genug Licht durchgelassen wird, um einen starken Reflex von der Erde hervorzurufen, während gleichzeitig die Schneeflocken eine

---

[1] Diese Erklärung kann nur für den Fall gelten, dass die Schneeblindheit bloss dann entsteht, wenn der Nebel sehr dünn ist und nur eine niedrige Schicht bildet. Andernfalls ist sie nicht haltbar.

[2] Berlin, Om snöblindhet. *Nord. Med. Ark.* XX. I. Nr. 3. S. 29.

[3] Berlin, a. a. O. S. 12.

diffundirende Schicht bilden, die ebenfalls das Auge angreift. Auch hier würde also das Auge überall diffus zurückgeworfenem Lichte ausgesetzt sein.

IV. Ueber die Durchlässigkeit der vorderen Medien des Auges für Strahlen von verschiedener Wellenlänge.

Ich habe in dem Vorhergehenden versucht, den Nachweis zu führen, dass die Ergebnisse meiner Versuche mit der Natur der Lichtquellen, welche an den vorderen Medien des Auges eine Reizung hervorrufen, und mit den Verhältnissen, unter denen diese Quellen wirken, übereinstimmen. Eine andere Weise, die Ergebnisse zu prüfen, scheint mir die Vergleichung derselben mit der Durchlässigkeit der einzelnen Augenmedien für verschiedene Strahlen zu sein. Im Voraus erscheint es ja als wahrscheinlich, dass die Strahlen, welche durch ein Medium gehen, ohne etwas von ihrer lebenden Kraft zu verlieren, auch keinen Einfluss auf das Medium ausüben, diejenigen aber, welche von ihm absorbirt werden, eine Wirkung auf dasselbe hervorrufen. Bei der Absorption wird ihre Energie ja nicht vernichtet, sondern nur in eine andere Form umgesetzt. Wie verhalten sich nun die Medien des Auges zu Strahlen von verschiedener Wellenlänge, vor Allem, wie verhalten sie sich zu den ultravioletten Strahlen?

Die Durchlässigkeit der Hornhaut für ultraviolette Strahlen ist von mehreren Forschern studirt worden. Donders und Rees[1] fanden, dass diese Strahlen nicht merkbar geschwächt wurden, wenn sie durch ein Glasgefäss gingen, das mit Glaskörper, Hornhaut und Linse gefüllt war. Brücke[1] zeigte dagegen, dass alle Medien des Auges, die Linse zwar in erster Reihe, aber auch die Hornhaut und der Glaskörper ultraviolette Wellenlängen absorbiren. Ein ähnliches Resultat gaben de Chardonnet's Untersuchungen.[2] Nach ihm erstreckt sich die Grenze für die Absorption der Hornhaut bis an die S-Linie ($\lambda = 0{\cdot}3046$), mit Spuren von durchgelassenen Strahlen bis an die T-Linie ($\lambda = 0{\cdot}302$).[3] Diese Beobachtungen stehen also in voller Uebereinstimmung mit dem Resultat meiner Untersuchungen, dass die ultravioletten Wellenlängen Veränderungen in der Hornhaut hervorrufen. Die Unwirksamkeit der leuchtenden Strahlen hat in der Diaphaneïtät

---

[1] Nach Helmholtz in *Handb. d. Physiolog. Optik.* 1887. S. 283.

[2] Mit Ausnahme des Kammerwassers, das nicht einmal in einer Schicht von 15—20 mm die ultravioletten Strahlen merkbar absorbirte. *Journal de Physique.* 1882. Série II. t. I. p. 307.

[3] de Chardonnet, *Journal de Physique.* 1883. Série II. t. 2. p. 219.

des Gewebes ihren Grund, und was die Unwirksamkeit der ultrarothen Strahlen anbelangt, so habe ich dieselbe an anderer Stelle zu erklären versucht (siehe S. 306).

Die Durchlässigkeit der Bindehaut für Licht ist wenig studirt worden. Dass diese Haut einen bedeutenden Theil der leuchtenden Strahlen durchlässt, braucht kaum experimentell bewiesen zu werden. Die Deutlichkeit, mit welcher die weisse Sclera durch die überliegende Conjunctiva oculi durchscheint, thut die Diaphaneïtät des Gewebes hinreichend deutlich dar. Was die Diathermansie desselben anbetrifft so sind in dem Vorhergehenden Untersuchungen dargelegt worden (siehe S. 306), welche darthun, dass die ultrarothen Strahlen von der Bindehaut kräftig absorbirt werden, sowie auch, dass das Absorptionsvermögen dieser Haut in einem nahen Zusammenhang mit dem Wassergehalt ihres Gewebes steht. Ueber die Durchlässigkeit der Bindehaut für ultraviolette Strahlen habe ich in der Litteratur nur eine Untersuchung mitgetheilt gefunden, nämlich von de Chardonnet. Er fand, dass die Nickhaut bei dem Habicht und dem Huhn die kurzen Wellenlängen kräftig absorbirt.[1] Bei einigen Versuchen, welche ich mit der Conj. oculi auf die auf Seite 314 beschriebene Weise ausführte, wurde ein grosser Theil der kurzen Wellenlängen absorbirt, sodass die Breite des ultravioletten Spectrums nach dem Durchgange der Strahlen durch die Bindehaut sich von 30 auf 6 ^{cm} verminderte.

Das Ergebniss meiner Untersuchungen — dass die Bindehaut von den ultravioletten und in geringem Grade auch von den ultrarothen Strahlen gereizt wird — steht demnach in Uebereinstimmung mit dem, was man von der Permeabilität der Conjunctiva für Strahlen verschiedener Wellenlänge weiss.

Wie oben erwähnt, absorbirt die Hornhaut einen Theil der ultravioletten Wellenlängen, der grössere Theil derselben aber dringt durch sie hindurch. Das Kammerwasser übt auf diese Wellenlängen keinen Einfluss aus.[2] Alle Strahlen, welche durch die Hornhaut hindurchgegangen sind, erreichen also die Iris, von der die ultravioletten vollständig resorbirt werden (vgl. S. 327). Die Reizung, welche diese an der Regenbogenhaut hervorrufen, ist also leicht erklärlich. Ebenso liegt nichts Eigenthümliches darin, dass die ultrarothen Strahlen unwirksam sind. Ein grosser Theil derselben wird ja von der Hornhaut absorbirt, ein anderer Theil von dem Kammerwasser, und nur ein Bruchtheil von ihnen erreicht die Iris. Mehr unerwartet dürfte es

---

[1] de Chardonnet, *Journal de Physique.* 1883. Série II. t. 2. p. 221.

[2] Siehe die Note auf S. 327.

sein, dass die leuchtenden Strahlen keine nennenswerthe Reizung hervorrufen, ungeachtet sie — mit Ausnahme eines geringen Theiles derselben, der durch Reflex verloren geht — mit unverminderter Stärke die Iris treffen. Wahrscheinlich wird einem Effect zum grossen Theil von der Circulation entgegengewirkt. Namentlich dürfte diese kräftig dazu beitragen, das Entstehen einer Wärmesteigerung zu verhindern, welche sonst sicher eine Folge der Absorption der Strahlen sein würde.[1]

Uebrigens scheint es, wie ich bereits hervorgehoben habe, als ob die Energie der Strahlen für das Entstehen einer Reizung an den vorderen Medien des Auges von geringerer Bedeutung wäre als besondere, specifische Eigenschaften gewisser Wellenlängen.

Die Symptome bei der elektrischen Ophthalmie und bei Schneeblindheit — vor Allem die bei dem letztgenannten Leiden beobachtete Empfindlichkeit an der Ciliargegend — sprechen deutlich dafür, dass nicht bloss die Iris, sondern auch der Corpus ciliare angegriffen ist. Wie ist nun diese Reizung an einem Organ, das so geschützt liegt, zu erklären?

Complicirende Symptome von Corpus ciliare treten oft bei Inflammationen in der Iris auf. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die durch das Licht hervorgerufenen Symptome vom Corpus ciliare zum Theil darauf beruhen, dass die Reizung sich per continuitatem von der Iris weiter verbreitet.

Doch erscheint mir auch eine andere Möglichkeit nicht als unwahrscheinlich. Bei meinen Versuchen fand ich constant eine Injection in der Conj. oculi an der dem Lichte ausgesetzten Stelle derselben. Aber an dieser Injection waren ausser den oberflächlichen auch tiefer liegende Gefässe betheiligt, welche eine mehr rosaartige Farbe hatten und über denen die Bindehaut verschiebbar war. Diese Gefässe entsprechen wahrscheinlich den von den Arteriae ciliares anteriores kommenden episcleralen Gefässen beim Menschen. Diese Arterien schicken durch die Sclera perforirende Aeste, welche für die Circulation in dem Corpus ciliare und auch in der Iris von grösster Bedeutung sind.

Eine Erweiterung der Aeste der vorderen Ciliararterien an der Stelle, wo sie subconjunctival liegen, kann also eine mitwirkende Ur-

---

[1] Wenn auch die leuchtenden Strahlen keine eigentliche directe Bedeutung für das Entstehen einer Irisreizung haben, so dürften sie doch zu dem Entstehen einer solchen indirect beitragen. Wenn die Netzhaut von leuchtenden Strahlen getroffen wird, so entsteht eine lebhafte Zusammenziehung der Pupille. Hierdurch wird die Fläche, welche die Iris dem Lichte darbietet, vergrössert und also auch die Menge der Strahlen, die absorbirt werden, vermehrt.

sache zum Entstehen einer Hyperämie in den vorderen Theilen der Uvea sein.

Auf die Symptome bei den Versuchsthieren haben diese Verhältnisse sicherlich geringen Einfluss. Beim Kaninchen wird die ganze Lidspalte von der Hornhaut eingenommen. Nur ein geringer Theil der Sclera war während des Versuches auf künstlichem Wege durch Aufbinden des Lides entblösst und der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt. Beim Menschen liegt dagegen die Sclera in bedeutendem Umfange von den Lidern unbedeckt. Die subconjunctivalen Gefässe werden also in ziemlich grosser Ausdehnung von dem Lichte getroffen. In mehreren der Krankheitsfälle wird auch eine bemerkenswerthe Erweiterung dieser Gefässe erwähnt. So giebt Nodier an, dass in dem einen von Rochard's Fällen die „scleralen Gefässe“ mit Blut überfüllt waren,[1] und Reich,[2] dass auch bei Personen, bei welchen die Wirkung des Reflexes vom Schnee nicht grösser war, als dass sie noch im Freien sein und arbeiten konnten, eine Pericornealinjection angetroffen wurde. Es erscheint mir daher nicht als unwahrscheinlich, dass die ultravioletten Strahlen direct eine Lähmung der Art. ciliares anteriores in der Ausdehnung verursachen, in der diese Gefässe der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt sind, und dass diese Gefässlähmung das Entstehen einer Hyperämie in dem Corpus ciliare und der Iris begünstigt.

Eine dritte Erklärung des Entstehens der Reizung am Corpus ciliare würde die sein, dass das Licht durch die Basis der Iris und die Sclera eindrang und direct den Corpus ciliare reizte. Gründe für eine solche Erklärung fehlen nicht. Ich erinnere an die gewöhnliche Methode, dass Bild von den retinalen Gefässen dadurch hervorzurufen, dass man mittelst einer Convexlinse Licht auf der Sclera sammelt. Das Bild entsteht dann, indem die leuchtenden Strahlen, welche durch die Bindehaut, die Sclera, die Ader- und die Netzhaut gedrungen sind, die lichtempfindlichen Elemente in der Iris an der entgegengesetzten Seite reizen. Kann Licht in dieser langen Bahn vordringen und die Netzhaut reizen, so ist es ja nicht undenkbar, dass es auf dem kürzeren Wege auch zum Corpus ciliare gelangt, in hinreichender Menge, um an diesem empfindlichen Organ eine Reizung hervorzurufen. Es kann deshalb von Gewicht sein, nachzusehen, wie die Sclera und die Iris sich zu Wellenlängen von verschiedener Länge verhalten.

Betrachtet man die Sclera eines Albino-Kaninchens bei gewöhnlichem Tageslicht, so erscheint sie bei auffallendem Lichte anders

---

[1] Nodier, a. a. O. S. 13. *Gorgés de sang.*

[2] Reich, a. a. O. S. 140.

gefärbt als bei durchfallendem. In ersterem Falle ist sie bläulich weiss, im letzteren gelbroth. Die Sclera zeigt also dasselbe eigenthümliche Phänomen wie weisse pulverförmige Stoffe, nämlich leuchtende Strahlen von grösserer Wellenlänge durchzulassen, solche von kürzerer Wellenlänge aber zurückzuwerfen.

Die Untersuchung, welche ich mit dem Spectrobolometer vorgenommen, gab an die Hand, dass die Sclera eines Albino-Kaninchens nur 2·7 $^0/_0$ der ultrarothen Strahlen durchliess. Der geringe Grad der Diathermansie beruhte wahrscheinlich zum grossen Theil auf dem Wassergehalt des Gewebes.

Die Durchlässigkeit der Sclera für leuchtende und ultraviolette Strahlen wurde auf die auf Seite 314 beschriebene Weise untersucht. Es ging aus den Versuchen hervor, dass von dieser Haut Roth und sogar Grün (dies jedoch nur höchst unbedeutend), dahingegen aber nichts von den blauen, violetten und ultravioletten Strahlen durchgelassen wurde. Auf dieselbe Weise wurden auch die Iris und die Chorioidea untersucht, welche beide eine geringe Menge der rothen und gelben Strahlen durchliessen, alle übrigen leuchtenden Strahlen nebst den ultravioletten aber absorbirten.[1]

Hieraus geht also hervor, dass die Strahlen, welche auf die vorderen Medien des Auges reizend wirken, nämlich die ultravioletten, durch die Iris und die Sclera nicht zu dringen vermögen. Die Symptome am Corpus ciliare können mithin nicht durch eine directe Reizung dieses Organs bedingt sein.

Obschon es ausserhalb des Rahmens dieser Abhandlung liegt, kann ich es hier nicht unterlassen, auf eine Sache aufmerksam zu machen, welche mir eine gewisse Bedeutung zu haben scheint. Von den durchsichtigen Medien des Auges absorbirt die Linse die ultravioletten Strahlen am kräftigsten. Dieses geht schon aus Brücke's Untersuchungen hervor. Näher ist es von de Chardonnet[2] studirt worden. Derselbe fand, dass das Absorptionsvermögen der Linse sich schon bei den gleich ausserhalb des sichtbaren Spectrums befindlichen Strahlen an der Linie *H* ($\lambda = 0{\cdot}397$) geltend machte und in hohem Grade gegen die Linie *M* ($\lambda = 0{\cdot}377$), welche sich erst nach einer sehr langen Expositionszeit auf der beim Versuch angewandten Photographieplatte abzeichnete, zunahm. Gegenüber diesem Factum erscheint es eigenthümlich, dass

[1] Alle diese Untersuchungen wurden an frischen Präparaten von kurz vorher getödteten Thieren ausgeführt.

[2] de Chardonnet, *Journal de Physique*. 1883. p. 219.

in der Linse weder bei Schneeblindheit noch bei Ophthalmia electrica einige Veränderungen beobachtet worden sind. Die Ursache davon liegt wohl in der Iris, welche sich, sobald das intensive Licht von dem Schnee oder der Bogenlampe das Auge trifft, lebhaft contrahirt und also nur einen geringen Theil der Linse unbedeckt und der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt lässt. Dem Effect, welcher andernfalls entstehen würde, wird Grund dessen von den vitalen Processen im Medium mit grösserer Leichtigkeit das Gegengewicht gehalten. Ganz anders bei Blitzschlägen. Diese treffen oft zur Nachtzeit ein, wo die Pupille erweitert ist. Auch wenn sie bei Tage eintreffen, ist die Pupille, da den Himmel dann Wolken bedecken, verhältnissmässig gross. Der Blitzstrahl mit seiner colossalen Menge von ultravioletten Wellenlängen wirkt also in einer relativ grossen Ausdehnung auf die Linse. Es dürfte deshalb Grund vorhanden sein, die Annahme, dass das Licht am Entstehen der Blitzcataracta Theil hat (vgl. S. 267), nicht zurückzuweisen, so lange die Einwirkung der ultravioletten Strahlen auf die Linse nicht experimentell untersucht worden ist.

Schlussworte.

Die directen Versuche haben dargethan, dass die ultravioletten Strahlen die Eigenschaft besitzen, an den vorderen Medien des Auges heftige Reizungssymptome hervorzurufen. Ebenso muss es als festgestellt betrachtet werden, dass die Hautaffection, welche die Sonnenstrahlen und das elektrische Bogenlicht hervorrufen, wenigstens vorzugsweise von den ultravioletten Wellenlängen verursacht wird. Mit diesen Thatsachen vor Augen, müssen wir der Absorption der kürzesten Wellenlängen von den Medien des Auges eine grosse Bedeutung für die Retina zuschreiben. Die Vermuthung liegt wenigstens sehr nahe, dass eine ernsthafte Lesion eintreten würde, wenn diese Strahlen mit unverminderter Kraft durch die Medien des Auges hindurchdrängen und sich auf dieses empfindliche Organ concentrirten.

Die durchsichtigen Augenmedien absorbiren gleichwohl den ultravioletten Theil des Spectrums nicht vollständig. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man die leuchtenden Strahlen auf eine geeignete Weise abtrennt. Die ultravioletten Strahlen werden dann sichtbar und zeigen sich dem Auge mit einer indigoblauen oder, bei grösserer

Intensität, blaugrauen Farbe.[1] Es würde deshalb von Interesse sein, zu untersuchen, inwiefern diese Strahlen für die Affectionen von Bedeutung sind, welche bei Reizung der Netzhaut durch directes Sonnenlicht auftreten. Czerny und Deutschmann haben zwar diese Frage experimentell studirt (s. S. 265 u. f.), sich dabei aber nur die zwei Alternativen gedacht, dass die Affectionen entweder von den ultrarothen oder von den leuchtenden Strahlen hervorgerufen werden, die dritte Möglichkeit dagegen, dass auch die ultravioletten Wellenlängen für das Entstehen derselben von Bedeutung sein können, gänzlich aus dem Gesicht gelassen.

Nun kann hiergegen zwar eingewendet werden, dass die genannten beiden Forscher das Licht, ehe es das Auge traf, erst durch eine, wahrscheinlich gläserne, Linse gehen liessen, wodurch der grösste Theil seiner ultravioletten Strahlen abgeschieden wurde. Indessen erscheint es eigenthümlich, dass sie mit so stark concentrirtem Sonnenlicht experimentirten. Czerny z. B. drängte das von einem concaven Spiegel aufgefangene Licht auf eine ungefähr 14 Mal kleinere Fläche zusammen. Die Intensität der leuchtenden Strahlen, welche das Versuchsauge trafen, war also auch im Verhältniss zu directem Sonnenlicht ganz colossal. Deutschmann, welcher auf eine ähnliche Weise zu Wege ging, atropinisirte dazu das Auge des Versuchsthieres, wodurch das sodann auf die Netzhaut concentrirte Licht noch verstärkt wurde. Die Verhältnisse waren deshalb nicht wenig von denjenigen verschieden, welche statthaben, wenn ein Menschenauge die Sonnenscheibe bei einer Sonnenfinsterniss fixirt. Es scheint mir daher noch nicht mit voller Sicherheit dargethan zu sein, dass die Netzhautaffection, welche bei der Blendung des Auges durch directes Sonnenlicht entsteht, eine von der durch die Concentration der leuchtenden Strahlen hervorgerufenen Wärmeproduction verursachte Coagulationserscheinung ist (vgl. S. 266).

Eine erneute Untersuchung, welche vorzugsweise die Ermittelung zum Zweck hätte, ob die ultravioletten Wellenlängen für das Entstehen der Veränderungen im Augengrunde Bedeutung haben, würde deshalb von Interesse sein. Sollte diese Untersuchung zu einem positiven Resultat führen, so würde sie über die Aetiologie der betreffenden Affectionen ein neues Licht werfen. Sollte das Resultat hinwiederum ein negatives sein, so wäre damit das eigenthümliche Verhältniss constatirt, dass Strahlen, welche die vorderen Medien des Auges und die

---

[1] Wenigstens in derselben Ausdehnung wie das Sonnenspectrum (siehe Helmholtz, *Handbuch d. Phys. Optik.* S. 279).

Haut intensiv reizen, für die sonst so empfindliche Netzhaut unschädlich sind, ein unbestreitbar merkwürdiges Verhältniss, sei es, dass es in einer directen Unwirksamkeit der Strahlen oder in einer Schwächung ihrer Kraft durch die Absorption von den Augenmedien seinen Grund hätte.[1]

[1] Eine vorläufige Mittheilung der vorliegenden Untersuchungen findet sich in den *Verhandlungen des Biologischen Vereins in Stockholm.* Bd. I. Heft 1. October 1888. (De l'influence de la lumière sur les parties anterieurs de l'oeil.)